



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
**CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE**  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JAILSON ALMEIDA DA SILVA

**ESTUDO DE ROTEIRIZAÇÃO PARA UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE  
MERENDA ESCOLAR DE UM MUNICÍPIO DO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Caruaru

2019

JAILSON ALMEIDA DA SILVA

**ESTUDO DE ROTEIRIZAÇÃO PARA UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE  
MERENDA ESCOLAR DE UM MUNICÍPIO DO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

**Área de concentração:** Gestão da Produção.

**Orientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr. Osmar Veras de Araújo

**Coorientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr. Gilson Lima da Silva.

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

S586e Silva, Jailson Almeida da.  
Estudo de roteirização para um sistema de distribuição de merenda escolar de um município do Agreste Pernambucano. / Jailson Almeida da Silva. - 2019.  
81.; il. f.: 30 cm.

Orientador: Osmar Veras de Araújo.  
Coorientador: Gilson Lima da Silva  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de Produção, 2019.  
Inclui Referências.

1. Merenda escolar – Pernambuco. 2. Caminhões – Rotas -- Pernambuco. 3. Logarítmicos. 4. Logística empresarial - Pernambuco. 5. Distribuição de mercadorias - Pernambuco. I. Araújo, Osmar Veras de (Orientador). II. Silva, Gilson Lima da (Coorientador). III. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-304)

JAILSON ALMEIDA DA SILVA

**ESTUDO DE ROTEIRIZAÇÃO PARA UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE  
MERENDA ESCOLAR DE UM MUNICÍPIO DO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 11 de Dezembro de 2019

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Osmar Veras de Arújo (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Gilson Lima da Silva (Co – orientador e Avaliador)

Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr. Tatiana Balbi Fraga (Avaliador)

Universidade Federal de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida que Ele me concedeu e por me dar forças nos momentos mais difíceis dessa jornada.

Agradeço aos meus pais Jacinto e Maria Luiza por todo esforço investido na minha educação e por sempre incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou.

À minha namorada, Laís, que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso acadêmico.

À minha irmã, Mônica pela amizade e atenção dedicadas quando sempre precisei.

Aos meus amigos Bruno Borba, Armando Dias, Lucas Renan, José Vitor, Thayse Diniz e Ítalo Raniery por seus companheirismos e por sempre me ajudarem com suas experiências desde o início do meu percurso acadêmico.

Agradecer ao meu professor orientador Osmar Veraz pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo.

Deixo um agradecimento especial ao meu co-orientador Gilson Lima pelo incentivo e pela sua dedicação e orientação durante todo o meu percurso acadêmico nos projetos de pesquisa e extensão, que foram fundamentais para minha formação profissional.

Também quero agradecer à Universidade Federal de Pernambuco e a todos os professores do meu curso pela elevada qualidade do ensino oferecido.

## RESUMO

Com o crescimento da população e o aumento da necessidade de consumo, os meios de transporte se tornam cada vez mais necessários e complexos. A utilização de ferramentas de roteirização é de fundamental importância para tornar viável o transporte de insumos no dia-a-dia de forma a atender as necessidades das pessoas e organizações. Grande parte das prefeituras possui baixa eficiência em seu sistema logístico de entrega de merenda escolar atrelada a um alto custo logístico, onde as mesmas possuem grandes dificuldades em atender sua demanda sem utilizar grande quantidade de recursos, o que impacta negativamente na instituição. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo aprimorar a roteirização da distribuição da merenda escolar da Secretaria de Educação de município do agreste pernambucano, a partir da programação de distribuição e da roteirização pela aplicação do algoritmo de Clarke e Wright, com o auxílio da ferramenta de Sistema de Informação Geográfica (SIG) o *Google Maps* e a função *ROUTER* do *software LOGWARE*, de forma a fornecer uma nova programação que minimizem a quantidade de entregas realizadas e fornecer rotas menores, para realizar a distribuição da merenda escolar entre as escolas do município. O estudo de caso identificou alternativas que a organização pode adotar que reduziriam em 16% e 50% as distâncias percorridas e a frota de veículos respectivamente e um aumento de 11% na utilização dos veículos, havendo uma redução estimada no valor de R\$ 220.000,00 por ano para a Secretaria de Educação.

**Palavras-chave:** Distribuição de merenda. Grasp. Otimização de rotas. Políticas de ressuprimento.

## ABSTRACT

With population growth and increasing consumption needs, the means of transport become increasingly necessary and complex. The use of routing tools is of fundamental importance to make day-to-day transportation of inputs feasible to meet the needs of people and organizations. Most municipalities have low efficiency in their logistics system of delivery of school meals linked to a high logistics cost, where they have great difficulties in meeting their demand without using large amounts of resources, which negatively impacts the institution. Thus, the present work aims to improve the routing of the school meals distribution of the Department of Education of the city of Pernambuco, based on the distribution programming and scripting by applying the Clarke and Wright algorithm, with the help of the tool. Geographic Information System (GIS), Google Maps and the ROUTER function of LOGWARE software, to provide new programming that minimizes the amount of deliveries made and provide smaller routes, to make the distribution of school meals between schools in the municipality. . The case study identified alternatives that the organization could adopt that would reduce by 16% and 50% the distances traveled and the vehicle fleet respectively and an 11% increase in vehicle utilization, with an estimated reduction of R \$ 220,000, 00 per year to the Department of Education.

**Keywords:** Snack distribution. Grasp. Route optimization. Resupply policies.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Agrupamento dos insumos.....	32
Tabela 2 –	Tempo de descarregamento com base no volume.....	32
Tabela 3 –	Nova programação de distribuição da merenda escolar.....	34
Tabela 4 –	Quantidade de pontos a serem atendidos por semana.....	34
Tabela 5 –	Divisão das rotas da 1º, 3º e 4º em subgrupos.....	35
Tabela 6 –	Nova programação de distribuição extra.....	35
Tabela 7 –	Resumo das saídas pelo programa LogWare.....	36
Tabela 8 –	Divisão das rotas por semana.....	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Custos logísticos do Brasil em relação ao PIB.....	16
Figura 2 –	Tela de entrada do Software <i>LogWare</i> .....	20
Figura 3 –	Metodologia.....	24
Figura 4 –	Mapa de Caruaru com a localização das Escolas Municipais.....	27
Figura 5 –	Organograma.....	28
Figura 6 –	Entregas por mês no modelo atual.....	33
Figura 7 –	Mapa de Caruaru dividido em grupos.....	35
Figura 8 –	Distâncias Percorridas.....	39
Figura 9 –	Percentual de ocupação dos veículos em peso (Kg).....	39
Figura 10 –	Percentual de ocupação dos veículos em volume (Und.).....	40

## LISTA DE SIGLAS

ABCOMM	Associação Brasileira de Comércio Eletrônico
ARP	<i>Assembly routing problem</i>
Cd	Centro de distribuição
CSLP-EVFT	<i>Charging Station Location Problem of Electric Vehicles for Freight Transportation</i>
GAE	Gerência de Alimentação Escolar
FF	<i>Firefly Algorithm</i>
IRP	<i>Inventory Routing Problem</i>
MA	Algoritmo Matemático
MIP	Programas Inteiros Mistos
MVRPD	<i>Multi-period Vehicle Routing Problem with Due dates</i>
TWVRP	<i>Time windows vehicle routing problem</i>
TSP	<i>Traveling Salesman Problem</i>
VRP	<i>Vehicle Routing Problem</i>
VSP	Política de Espaçamento de Visitas
SCM	Gestão da Cadeia de Suprimentos
SEDUC	Secretaria de Educação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1	OBJETIVO GERAL .....	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
1.3	JUSTIFICATIVA .....	13
1.4	ORGANIZAÇÃO .....	13
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>15</b>
2.1	LOGÍSTICA .....	15
2.2	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA .....	16
2.3	ROTEAMENTO DE VEÍCULOS .....	17
<b>2.3.1</b>	<b>Métodos de solução</b> .....	<b>18</b>
2.4	SOFTWARE LOGWARE .....	19
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>24</b>
4.1	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....	24
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCURSÕES</b> .....	<b>26</b>
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	26
5.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	28
5.3	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE RESOLUÇÃO .....	31
5.4	ANÁLISE DE RESULTADOS .....	33
5.5	COMPARAÇÃO ENTRE O MODELO ATUAL E O PROPOSTO .....	38
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>
	<b>APÊNDICE A – ROTAS DE DISTRIBUIÇÃO DESENVOLVIDAS</b> .....	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o início das civilizações os seres humanos sempre tiveram a necessidade de utilizar meios de transporte sejam para movimentação de pessoas, animais, materiais ou produtos. Segundo Cavalcante (2015) a especialização da produção passou a requerer sistemas eficientes de transporte e locomoção. Como os produtos vêm passando por um dinamismo que está se acentuando com o tempo, a logística assume um papel fundamental que pode contribuir positivamente ou negativamente aos esforços de mercado, pois é o departamento que proporciona condições práticas para realização das metas definidas pelas organizações (NOVAES, 2016).

Igualmente Santos e Dos Santos (2017) afirmam que, em meio a um mercado competitivo as empresas buscam por eficiência nos processos logísticos com objetivo de se destacar dos seus concorrentes, pois através dela é possível que as instituições ofereçam seus produtos e serviços e se adequem as necessidades do mercado.

Dentre as atividades desempenhadas dentro da logística, o transporte se destaca como sendo a mais importante podendo parar um país (GOULART E DE CAMPOS, 2018). A greve dos caminhoneiros que ocorreu no Brasil no ano de 2018 é um exemplo bem recente do quão impactante são as atividades de transporte para um país, pois toda a locomoção dos produtos desde a extração da matéria prima até o consumidor final necessita de algum tipo transporte.

De acordo com o Ministério Da Fazenda (2018) a greve dos caminhoneiros teve um impacto negativo cerca de 15,9 bilhões, aproximadamente 0,2% do produto interno bruto (PIB). Sendo a greve mais impactante devido à representação e participação do modal rodoviário no Brasil, segundo dados do CNT (2017) representam 61% da matriz de transporte do país. Portanto o transporte é vital para a logística e relevante para o crescimento e desenvolvimento econômico e social.

A secretaria Municipal de Educação de um município do agreste pernambucano (SEDUC) vem tendo um alto custo logístico e uma baixa eficiência no sistema de entrega de merenda escolar para escolas da rede pública de ensino. Com a implantação de escolas de tempo integral e o aumento do número de Creches houve um agravamento deste problema. O mesmo trouxe aos alunos da rede pública de ensino um aumento no número de refeições proporcionadas no decorrer dos dias letivos. Onde antes havia somente uma refeição, agora

passaria a ter até quatro refeições diárias, dependendo da modalidade de ensino, além do número crescente de alunos da rede municipal de ensino.

Para solução do problema de redução dos custos de transporte Estrada- Moreno *et al.* (2019) utiliza a aplicação de uma metaheurística para otimização com o objetivo de minimizar o custo de transporte, no entanto levando em consideração a oportunidade venda ou não do produto e da perda de valor caso não seja vendido em um intervalo de tempo. Já Arnold *et al.* (2019) procura resolver o problema da limitação dos algoritmos de solução em tempo razoável para o *vehicle routing problem* (VRP) que se trata do problema de roteamento de veículos, conseguindo resolver problemas do mundo real de até 30.000 clientes com a sua nova heurística. Ghiami *et al.* (2019) abordar o problema do Gás Natural Líquido que evapora a uma taxa constante ao longo do tempo em que passa armazenado nas instalações, tratando-se de um problema de roteamento de veículos com o gerenciamento de estoques.

Para que o serviço seja prestado nos parâmetros ideais de qualidade requeridos pelo processo e com menor custo possível é preciso que, as empresas invistam em ferramentas que visem aumentar a eficiência dos sistemas logísticos, dessa forma estudos que foquem em reduzir os custos logísticos, principalmente relacionados ao transporte dos quais são de grandes impactos nas organizações garantindo que as mesmas se destaquem em meio ao mercado competitivo.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta um estudo de roteirização que visa minimizar os custos logísticos da Gerência de Alimentação Escolar (GAE), utilizando um Sistema de Informação Geográfica (SIG), *Google Maps*, em conjunto com o software *LOGWARE* com a função *ROUTER* aplicando a heurística Clarke e Wright de forma a resolver o problema abordado, aprimorando o sistema de distribuição da merenda do município.

### 1.1.OBJETIVO GERAL

Reduzir as distâncias percorridas na distribuição da merenda escolar do município, visando melhorar as rotas de entrega da rede municipal de ensino de forma a atender a demanda e reduzir os custos logísticos de distribuição.

### 1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reduzir os custos de distribuição da merenda escolar;
- Determinar rotas de distribuição para merenda escolar;

- Aumentar a utilização dos veículos;
- Balancear o volume de distribuição ao longo do mês, minimizando o pico de solicitação do sistema;

### 1.3.JUSTIFICATIVA

O problema de roteamento de veículos vem sendo utilizado ao longo dos anos, visando preencher as demandas do dia a dia, tratando-se de um tema bastante difundido e que possui diversas pesquisas procurando novas maneiras de resolver o problema devido à limitação computacional que não possui capacidade de realizar grandes processamentos. Além disso, o fato de o autor estagiar no centro de distribuição logística analisado no trabalho que enfrente problemas na distribuição para atender sua demanda além dos custos elevados de distribuição impulsionou-o a estudá-lo no que diz respeito à definição de rotas de distribuição otimizadas.

O estudo enfatiza o problema de distribuição de merenda escolar do município, na definição de rotas de distribuição e outras ações que visem reduzir os custos logísticos, além de realizar uma análise da programação de distribuição, com objetivo de aumentar a eficiência do sistema.

Segundo Rocha (2018) em seu estudo foi identificado à falta de adequação da infraestrutura tanto de preparação dos alimentos quanto de distribuição das refeições, gerando uma baixa adesão por parte dos estudantes à merenda escolar. Observando que há uma necessidade de melhoria na instituição, a criação de rotas de distribuição que reduzam os custos do sistema atual com o objetivo de melhorar os processos de distribuição da mesma, que resultam na eficácia do seu sistema de transporte. Atrelados à diversidade de itens e as características de cada um a distribuição da merenda escolar torna-se mais complexa.

### 1.4.ORGANIZAÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) está dividido nos seguintes capítulos:

- Introdução (Capítulo 1);
- Fundamentação Teórica (Capítulo 2);
- Revisão Bibliográfica (Capítulo 3);
- Materiais e Métodos (Capítulo 4);
- Resultados e Discursões (Capítulo 5);
- Conclusões (Capítulo 6);
- Referências Bibliográficas (Capítulo 7);

No Capítulo 2, apresenta os conceitos necessários para o desenvolvimento deste trabalho. No Capítulo 3 é possível visualizar os trabalhos atualizados, abordando os diversos tratamentos do problema de roteamento de veículos e as técnicas utilizadas que conseguiram aprimorar e obter resultados melhores que anteriormente, visando minimizar as distâncias percorridas na roteirização, através de uma pesquisa científica nas bases de dados científicos.

No Capítulo 4 encontra-se a descrição dos materiais e metodologias utilizadas para a execução do presente trabalho. No Capítulo 5, são apresentados os resultados encontrados com a utilização do método proposto, tais como: rotas definidas, desempenho, distâncias a serem percorridas para execução das rotas e as análises, comparando o cenário proposto e o cenário atual. Por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões do trabalho.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta sessão encontra-se a revisão dos textos, artigos livros e todo o material pertinente que contenha os fundamentos do assunto estudado, com o propósito de compreender melhor o tema estudado e servir de análise para a interpretação dos dados coletados durante a pesquisa e como os mesmos podem ser trabalhados para obter os resultados que atendam os objetivos estabelecidos.

### 2.1. LOGÍSTICA

Ao se falar sobre logísticas diversas pessoas pensam erroneamente que se trata apenas de transporte, no entanto a mesma engloba diversas atividades que tem como objetivo diminuir o tempo entre a produção e o consumo. Chiochetta et al. (2004) afirma que a logística tem como objetivo de maneira integrada agregar valor ao cliente com o menor custo possível. Similarmente Ballou (17) (1993) afirma que a logística empresarial estuda como a administração pode elevar o nível de serviço aos clientes, com planejamento, organização e controle para todas as atividades que procurem minimizar os esforços e os custos durante o fluxo de produtos.

A logística empresarial como é conhecida hoje teve inspiração em estratégias usadas durante a Segunda Guerra Mundial, onde era necessário para vencer as batalhas montar esquemas complexos para transportar e armazenar armas suprimentos, que precisava ser gerenciado de maneira eficiente devido a limitação dos recursos durante o período de guerra. Segundo Ballou (26) (2009) a logística visa estudar uma nova forma de gestão integrada das principais áreas das organizações como finanças, produção e marketing.

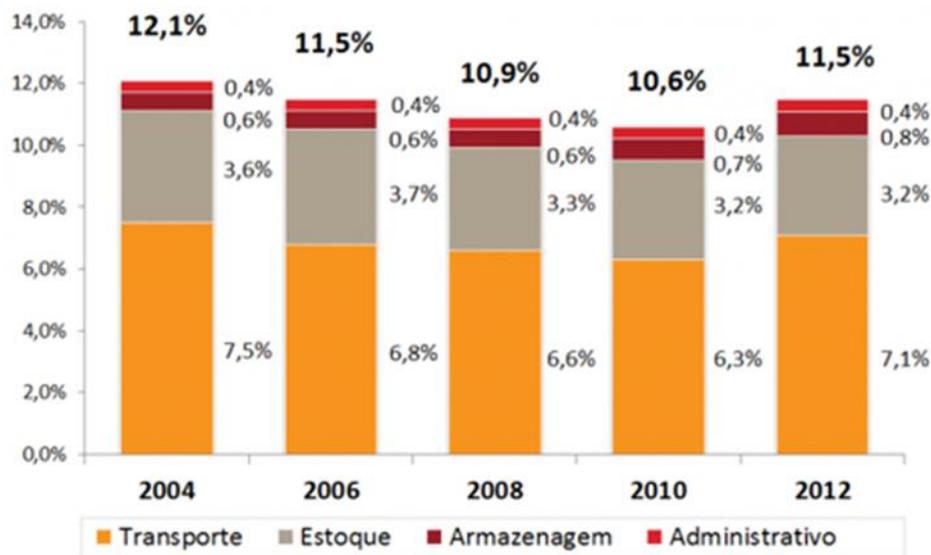
Segundo Goulart e De Campos (14) (2018) as atividades logísticas criam um fluxo único para os produtos e as informações de forma a orientar e estruturar os processos, no entanto não esse fluxo não ocorre isoladamente e sim se trata de uma parte de uma cadeia maior e integrada chamada de “cadeia de suprimentos”. De acordo com Pires (47) (2004) a gestão da cadeia de suprimentos (Supply Chain Management – SCM) como é conhecida surge como um diferencial competitivo às empresas englobando todas as atividades, desde o primeiro fornecedor de toda a cadeia até o último cliente.

De acordo com Bowersox *et al.* (2013) o guia principal de bens e serviços no arranjo da cadeia de suprimentos é a logística. Segundo Ballou (24) (1993) dentre as atividades desempenhadas pela logística o transporte se destaca como sendo a mais impactante nos custos logísticos. O transporte e a logística impactam consideravelmente no desenvolvimento

econômico de um país, pois o transporte serve como uma atividade de apoio à produção, possuindo a função de escoar todos os bens produzidos nos países e por consequência impactando consideravelmente o Produto Interno Bruto (PIB) (GOULART E DE CAMPOS 19, 2018).

De acordo com Ballou (19) (1993) a importância e o impacto da logística aos processos estão associados diretamente aos seus custos, possuindo importância em uma escala global para o desenvolvimento da economia mundial. Com objetivo de avaliar as influências das atividades sobre os custos logísticos no Brasil, analisamos o gráfico apresentado na Figura 1, onde é possível observar a relação dos custos logísticos com o PIB do Brasil no período de 2004 até 2012.

Figura 1 – Custos logísticos do Brasil em relação ao PIB



Fonte: (Lima e Lobos, 2014)

Segundo Goulart e De Campos (20) (2018) ações que visem melhorar o sistema de transporte brasileiro são de extrema importância para o desenvolvimento econômico tornando o país mais competitivo.

## 2.2.SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Segundo Longley *et al.* (2009) os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são categorizados como uma classe de sistemas de informação que controlam diversas coisas e onde acontecem ou existem, sendo importante a sua utilização para políticas, estratégias e planos, sendo uma ferramenta útil auxiliando desde todos na resolução de problemas geográficos. Os SIG auxiliam no gerenciamento e na atualização das informações disponíveis

criando um conjunto de procedimentos analíticos, alinhando os avanços cartográficos, dos sistemas de bando de dados e do sensoriamento remoto. (LIMA *et al.*, 2012).

Com os avanços tecnológicos dos computadores, tornando-se mais acessíveis e com uma capacidade maior de processamento de dados, deu suporte para a evolução dos modelos computacionais de Pesquisa Operacional, em diversas situações sendo alimentados por dados de um SIG. Com a evolução dos SIG surgiu várias possibilidades para a utilização em modelos computacionais de Pesquisa Operacional (LIMA, 2003).

Segundo Longley *et al.* (2009) com a utilização dos SIG's é possível resolver problemas unindo conhecimento geral com informações específicas podendo atribuir um valor prático para ambos. Com isso unir o conhecimento prático com o científico para a resolução dos problemas do dia a dia de maneira mais representativa da realidade. Desenvolvendo ferramentas uteis com a combinação dos SIG com outros sistemas assim como Fan e Collischonn (2014) conseguiram uma interação elevada entre um modelo hidrológico e um SIG, desenvolvendo ferramentas que simplificam a entradas dos dados no SIG e para processamento e pós-análise dos dados no modelo hidrológico. Google Maps apresenta-se como sendo uma ferramenta muito útil para a resolução de problemas de informações geográficas de tal complexidade.

Com a utilização do Google Maps é possível coletar dados que serviram de base para o software LOGWARE, um SIG para Transportes, resolvendo problemas específicos como a definição de redes, viagens, localização de instalações, roteirização em arco e em nó, problemas logísticos, matrizes dentre outras funções desenvolvidas para resolver problemas de transportes, acrescentando funcionalidade adicional às tradicionais ferramentas disponíveis em um SIG.

### 2.3.ROTEAMENTO DE VEÍCULOS

Segundo Goulart e De campos (2018) dentre as atividades que são desempenhadas pela logística o transporte se destaca como sendo a mais importante. Os problemas de transportes estão dentro da programação linear sendo uma classe especial, basicamente consiste em enviar alguma coisa de origens para destinos, possuindo como foco minimizar os custos de transporte atendendo a demanda dos clientes. (TAHA 85, 2008)

Dessa forma a roteirização de veículos se apresenta como sendo de grande importância dentro de uma organização sendo abordado pela primeira vez por Dantizg e Ramser (1959). Kim *et al.* (2015) em seu estudo apresenta o Problema de Roteamento de Veículos (VRP)

como sendo uma extensão do Problema do Caixeiro Viajante (TSP – Traveling Salesman Problem). Segundo Neto (2017) o problema se caracteriza por um depósito, alguns veículos, clientes que precisam ser atendidos em um intervalo de tempo, e o problema visa atender a todos os clientes percorrendo a menor distância possível.

De acordo com Taha (171) (2008) o problema do Caixeiro Viajante é caracterizado em achar um circuito (fechado) com a menor distância possível que visite  $n$  cidades, onde cada cidade não pode ser visitada mais de uma vez. Segundo Hillier e Lieberman (311) (2006) o problema de roteirização é enfrentado por muitas organizações que precisam destinar as mercadorias de suas fábricas até os seus clientes.

De acordo com Taha (88) (2008) os problemas de roteirização não estão restritos apenas ao transporte de mercadorias entre pontos, em seu livro é apresentado aplicações do problema de transporte na área de produção e estoques. De acordo com Bodin et al. (1983), os problemas de roteirização de veículos podem ser classificados em três categorias:

- Problemas de roteirização pura de veículos;
- Problemas de programação de veículos e tripulações;
- Problemas combinados de roteirização e programação de veículos.

De acordo com Taha (91) (2008) a resolução do problema de transporte segue as mesmas etapas do método simplex, no entanto possui apenas uma apresentação diferente para ficar mais conveniente para a resolução do problema.

### **2.3.1. Métodos de solução**

Segundo Cunha (1997) os métodos de solução dos problemas de roteirização podem ser divididos em três categorias, que são:

- Métodos exatos – proporcionam a solução ótima global;
- Métodos heurísticos – fornecem soluções próximas aproximadas do ótimo, no entanto de maneira mais rápida;
- Métodos emergentes – estes utilizam técnicas mais novas as agrupando levando em consideração os sistemas especialistas ou em métodos de busca interativos.

De acordo com Bezerra (1995) os métodos de solução exatos são indicados para problemas de pequeno porte, pois nesses casos a solução pode ser encontrada de maneira exata, já para problemas maiores são utilizado os métodos aproximados. De acordo com Laporte (1992) os algoritmos exatos para o problema de roteamento de veículos podem ser

divididos em três categorias: Métodos de busca direta em árvore, programação linear inteira e programação dinâmica.

Os métodos heurísticos são os métodos que encontram soluções aproximadas da solução ótima, no entanto necessitam de um tempo menor para resolução do problema o que se apresenta como sendo uma vantagem. Dentre os métodos heurísticos encontra-se o Clarke e Wright, sendo o procedimento utilizado no presente estudo e também é conhecido como método Grasp.

Segundo Clarke e Wright (1964) o método trata-se da otimização de uma frota de veículos com capacidades distintas, de forma a ser dada a rota mais curta entre todos os pontos minimizando a distância percorrida preferencialmente atendendo toda a demanda. De acordo com Ferreira e Pureza (2010) o algoritmo inicia de forma que cada veículo atenderá apenas um cliente, que normalmente é uma solução muito ruim, a cada passo da heurística é realizada a união se possível de duas rotas que proporcionam uma economia maior, e o mesmo encerra quando a união infringe uma restrição do problema, seja de tempo máximo, de distância máxima, ou seja, de capacidade do veículo.

Segundo Fraga (2016) o método Grasp que utiliza a matriz de Clarke e Wright não se trata de um método de otimização, e dessa forma não pode garantir que as soluções encontradas serão as ótimas, no entanto o mesmo apresenta soluções melhores comparadas a outros métodos como o do vizinho mais próximo. Segundo Schittekat *et al.* (2013) o GRASP utiliza uma lista de possíveis candidatos restritos (RCL), que se trata de um subconjunto dos elementos selecionados possíveis.

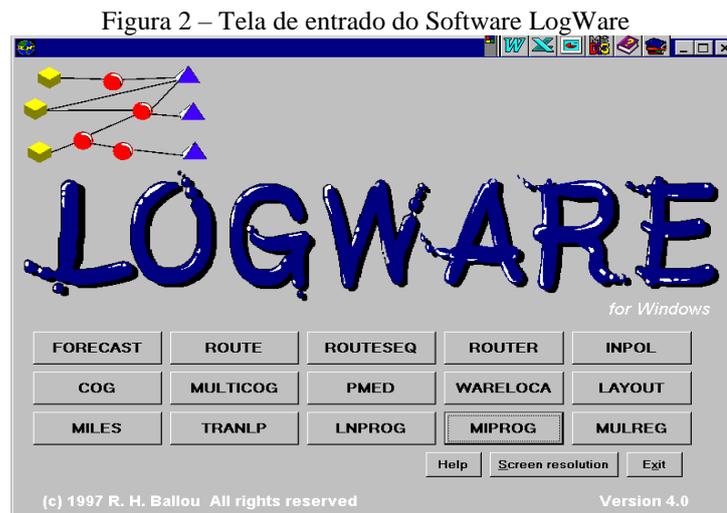
Segundo Fraga (2016) após a determinação da solução inicial é construída a matriz de Clarke Wright e então começa o processo iterativo, onde em cada iteração é realizado um movimento que apresenta maior ganho, e a cada interação a matriz é atualizada com a nova solução gerada do movimento realizado até encontrar a solução, que pode ser determinada quando não houver mais nenhum ganho positivo no caso do Problema de Caixeiro Viajante com Múltiplas Rotas e quando não houver nenhum movimento possível que se trata do Problema do Caixeiro Viajante.

#### 2.4.SOFTWARE LOGWARE

Devido à quantidade elevada de pontos de entregas e o alto volume de dados surgiu a necessidade de se utilizar um programa computacional que desse suporte a resolução do problema abordado no presente estudo. Mediante a indisponibilidade de aquisição de um

software devido aos custos elevados do mercado, optou-se por utilizar o software *LOGWARE* que possui licença gratuita para ser utilizado. De acordo com Ballou (1999) O software trata-se de um grupo de programas que são de grande relevância para análise de diversos problemas e estudos de casos relacionados à logística.

Na Figura 2 é possível visualizar a tela de entrada do *software LogWare*.



Fonte: Ballou (1999)

Para resolução do problema abordado no presente trabalho de roteirização e análise de localização de instalação, foi utilizado o *software LOGWARE*, que possui 14 módulos que são: *FORECAST*; *ROUTE*; *ROUTESEQ*; *ROUTER*; *INPOL*; *COG*; *MULTICOG*; *PMED*; *WARELOCA*; *LAYOUT*; *MILES*; *TRANLP*; *LNPROG*; *MIPROG*; *MULREG* que podem ser usados para resolver vários problemas.

Para este presente estudo, foi utilizado o módulo *ROUTER*. Segundo Ballou (1999) a função *ROUTER* trata-se de um programa que visa otimizar as rotas e a programação de distribuição ou coleta para uma frota de veículos. O módulo possibilita ao usuário imputar os dados de volume e peso que necessitam serem entregues ou coletados em cada ponto, a localização do centro de distribuição e dos pontos de coletas, quantidade de veículos e suas respectivas capacidades, nesse estudo utilizou uma frota de veículos homogênea, a determinação do tempo gasto para descarga em cada ponto de consumo, entre outros dados da problemática que podem ou não ser utilizados para resolução do problema.

Na função *ROUTER* ainda é possível determinar outros parâmetros como utilização máxima dos veículos, velocidade padrão das vias, limite máximo de uma rota seja ele por tempo ou distância percorrida. O *LOGWARE* trata-se de uma ferramenta acessível que possibilita a resolução de vários problemas encontrando resultados bem relevantes.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Arnald *et al.* (2019), dentre os problemas mais estudados de análise combinatória encontra-se o Problema de Roteamento de Veículos, porém as abordagens utilizadas até o momento possuem limitações devido as restrições de capacidades computacionais e servem para resolver problemas que possuam até algumas centenas de clientes. Segundo Carvalho *et al.* (2001), esses problemas tem por objetivo encontrar um ponto ótimo de uma função definida sobre um certo domínio, o qual é finito devido as restrições do problema. De acordo com Goldbarg e Luna (2000), os problemas de roteirização apresentam alta complexidade, são do tipo NP-Difíceis (do inglês *NP-Hard*), devido à dificuldade em resolver que aumenta proporcionalmente ao número de variáveis em virtude do tamanho do problema.

Em virtude das limitações computacionais, os trabalhos desenvolvidos no tema sempre buscam a utilização de algoritmos baseados heurística ou meta-heurística que visem encontrar soluções próximas do ótimo e também que minimizem o tempo de processamento computacional. Larrain (2019) buscou em seu trabalho melhorar o algoritmo de solução exata branch-and-bound apresentando novas famílias de desigualdades válidas e a incorporação de uma heurística de pesquisa local com um algoritmo variável de descida tornando mais rápido a procura de soluções de alta qualidade, conseguindo assim, uma redução de 8,5% da lacuna de otimalidade.

Alguns estudos apresentam o problema de transporte integrado com outras funções, como produção, armazenamento, entre outros. Segundo Chandra e Fisher (1994), a integração do estoque, produção e roteamento tem capacidade de reduzir de 3% até 20% dos custos operacionais. Chitsaz *et al.* (2019) desenvolveu um modelo geral para o *assembly routing problem* (ARP), em se tratando do problema de roteamento de veículos alinhado a montagem dos produtos, sendo composto simultaneamente pelo planejamento da montagem do produto acabado na fábrica e o roteamento dos veículos para recolhimento da matéria prima de seus fornecedores, de forma a atender exigências impostas pela produção. Já Avci e Yildiz (2019) aborda em seu trabalho o *production routing problem* (PRP) que se trata de um problema de planejamento integrado englobando dois problemas conhecidos, que são o VRP e o lot-sizing problem (LSP), sendo pela primeira vez abordada pela política de espaçamento de visitas (PRP-VSP) com a utilização de um algoritmo matemático (MA) simples para resolução.

Analogamente Alves *et al.* (2018) apresenta uma solução para o problema que é composto pelo gerenciamento de estoques e o roteamento de veículos sendo conhecido como

*Inventory Routing Problem* (IRP), possuindo como foco descobrir quais produtos devem ser entregues com base na demanda do cliente, em que intervalo de tempo e quais rotas os veículos devem percorrer para atender essa demanda minimizando os custos.

Um das vantagens do VRP é a diversidade de problemas e maneiras em que ele pode ser utilizado adaptando-se a praticamente todos os problemas que possuam uma frota de veículos que precisam atender uma demanda que está alocada a um grupo de clientes. Além dos centros de distribuições que trabalham com vendas presenciais é possível utilizar um problema derivado do VRP para programação de distribuição de comércio on-line, sendo relevante pela expansão desse mercado nos últimos anos que segundo a Associação Brasileira de Comércio Eletrônico (ABCOMM) tem uma previsão de faturamento de R\$ 80 bilhões para 2019.

LI *et al.* (2019) aborda em seu trabalho a problemática de roteamento de ordens de decisão para um varejista on-line focando em aumentar a taxa de atendimento de pedidos reduzindo o custo de transporte, inicialmente estabelece uma programação inteira mista para auxiliar o varejista atender o pedido dos clientes e após essa etapa aplica um algoritmo de solução que apresenta bons resultados comparados ao solucionador comercial líder e uma heurística gulosa, conseguindo como resultado gerar soluções de qualidade com tempos de processamento computacional curtos.

Já Estrada-Moreno *et al.* (2019) aplica uma resolução do VRP para o caso de supermercados que trabalham com produtos perecíveis e estes precisam ser vendidos antes de um determinado prazo de validade, que é normalmente curto, quando esses produtos não são vendidos é preciso tomar uma decisão de realocar para outros lugares que estão com baixa quantidade em estoque ou manter no local atual por mais tempo, dessa forma tem-se um problema de otimização que visa minimizar o custo de transporte para realizar a realocação juntamente com o custo de oportunidade levando em consideração que ao passar dos dias os produtos passam por uma redução de valor considerável. Dessa maneira o autor apresenta um diferencial por considerar na sua abordagem o custo de oportunidade perdida.

Segundo Dekhici *et al.* (2019) uma das extensões mais conhecidas do VRP é o Windows vehicle routing problem (TWVRP) que consiste no VRP com Janela de tempo onde cada cliente deve ser atendido em um intervalo de tempo estabelecido.

Segundo Larrain (2019) o TWVEP difere do Multi-period Vehicle Routing Problem with Due dates (MVRPD) que se trata do problema de roteamento de veículos com datas de

vencimento diferentes, na abordagem do TWVRP às janelas de tempo referem-se às horas finais e iniciais de um único período de tempo que o cliente pode ser atendido afetando assim apenas o sequenciamento das entregas, já o MVRPD trata-se de um problema de múltiplos períodos onde os clientes devem ser atendidos entre uma data que os insumos a serem entregues ficaram disponíveis e uma data de vencimento. Portanto se tratam de problemas parecidos, porém o MVRPD refere-se aos os múltiplos períodos de tempo já o TWVRP refere-se à questão de horas dentro de um mesmo período de tempo.

Dekhici *et al.* (2019) em seu trabalho utiliza o algoritmo do firefly (FF) algorithm que trata-se de uma extensão do TWVRP, no entanto as restrições que levam em conta o aspecto humano são utilizada como um diferencial para endurecer as restrições que consideram esse aspecto sendo considerado como uma inviabilização ou redução da qualidade do serviço a violação dessas restrições, dessa forma necessário analisar o impacto da violação das restrições que foram endurecidas no momento de resolução do problema.

O problema TWVRP foi abordado por Archetti *et al.* (2015) e posteriormente Larrain (2019) utilizou a mesma noção de datas de lançamento usada por Cattaruzza *et al.* (2016).

Avcı e Yildiz (2019) semelhante ao MVRPD abordado por Larrain (2019) aplicam o Visit spacing policy (VSP) em seu trabalho, política de espaçamento de visitas, possibilitando fornecer serviços de maior qualidade aos varejistas, impondo horários e uma frequência constante de visitas garantindo que as mesmas sejam distribuídas uniformemente, estabelecendo tempos mínimos e máximos entre as entregas. Dessa forma é possível minimizar os grandes congestionamentos ou falta de suprimentos, aumentando a qualidade dos serviços ofertados.

Londonõ e Echeverri (2019) apresentaram em seu trabalho o *Charging Station Location Problem of Electric Vehicles for Freight Transportation CSLP-EVFT*, “localização de estações de carregamento de Veículos para transporte de carga”, este modelo procura determinar uma estratégia de localização ideal para os centros de carregamento dos veículos elétricos e o plano de roteirização da frota de veículos. Dessa forma o autor utiliza a localização de instalação como auxílio na minimização dos custos de transporte modelando matematicamente.

O VRP pode ser utilizado e aplicado de diversas formas diferentes, adequando-se as necessidades da organização, podendo alcançar resultados extremamente positivos em relação à minimização dos custos e otimização dos processos logísticos.

#### 4. METODOLOGIA

Nesta sessão encontra-se a descrição da metodologia utilizada no presente trabalho, desde as características da pesquisa, até o método utilizado na pesquisa desde o início que se deu com a identificação do problema até a fase final que cominou com a análise dos resultados a fim de atender os objetivos estabelecidos.

##### 4.1.DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Com objetivo de estruturar e organizar as etapas que fizeram parte do presente estudo foi desenvolvido um fluxograma de processos (Figura 3) sendo composto pelas seguintes atividades:

Figura 3 – Metodologia



Fonte: O autor (2019)

Inicialmente aborda-se o surgimento do problema. Posteriormente, foi realizado um pré-projeto de pesquisa que definiu as atividades necessárias a serem realizadas durante a

pesquisa a fim de atingir os objetivos propostos de minimizar os custos logísticos aumentando a eficiência do sistema atual com a análise de uma nova localização de instalação, programação de entrega e definição de rotas de distribuição. Em seguida, realizou uma revisão bibliográfica e uma fundamentação teórica através de livros, periódicos, artigos, TCC e teses que tinham assuntos ligados ao tema do presente trabalho. Posteriormente, foi realizada a coleta dos dados. Após essa etapa analisou os dados coletados anteriormente e as possíveis formas de realizar o agrupamento dos dados e definir uma nova política de ressurgimento.

A coleta de dados teve apoio da gestão da SEDUC que auxiliou na realização da pesquisa, foram coletados os dados acerca do plano atual de rotas, definição de rotas, horário de funcionamento, número de veículos disponível para as atividades, localização das escolas, planos de expansão e/ou realocação da instalação, política de ressurgimento, cardápios, quantidade de alunos e a demanda mensal dos insumos por escola.

Por último realizou a roteirização e a análise dos resultados. Nessa etapa da pesquisa foi aplicado os dados da GAE utilizando o método de Clarke e Wright por meio do *software LogWare* para a definição das rotas de distribuição. Após a roteirização era realizado uma análise do tempo de percurso e as vias para realização do percurso, dado que o *software* não considera a malha rodoviária real essa etapa de tempo de percurso e medição da distância percorrida era realizada no Google Maps, caso fosse identificado que a rota infringia alguma restrição era retornado a fase de roteirização. Por último, realizou a análise dos resultados obtidos, comparação com a situação atual e a proposta de cenários futuros.

## 5. RESULTADOS E DISCURSÕES

A qualidade do sistema de distribuição de merenda escolar está em garantir que os insumos cheguem às escolas, aptos para o consumo e no momento necessário. Como os estudantes necessitam se alimentar durante o período que estão nas escolas, uma alimentação saudável que atenda os parâmetros nutricionais é de fundamental importância, a não disponibilidade dos insumos ou ineficiente distribuição inviabiliza ou afeta substancialmente o processo de aprendizagem dos estudantes devido à ineficiência do sistema logístico, impactando negativamente a gestão municipal e sendo uma restrição que precisa ser endurecida no momento da resolução do problema de roteirização de veículos.

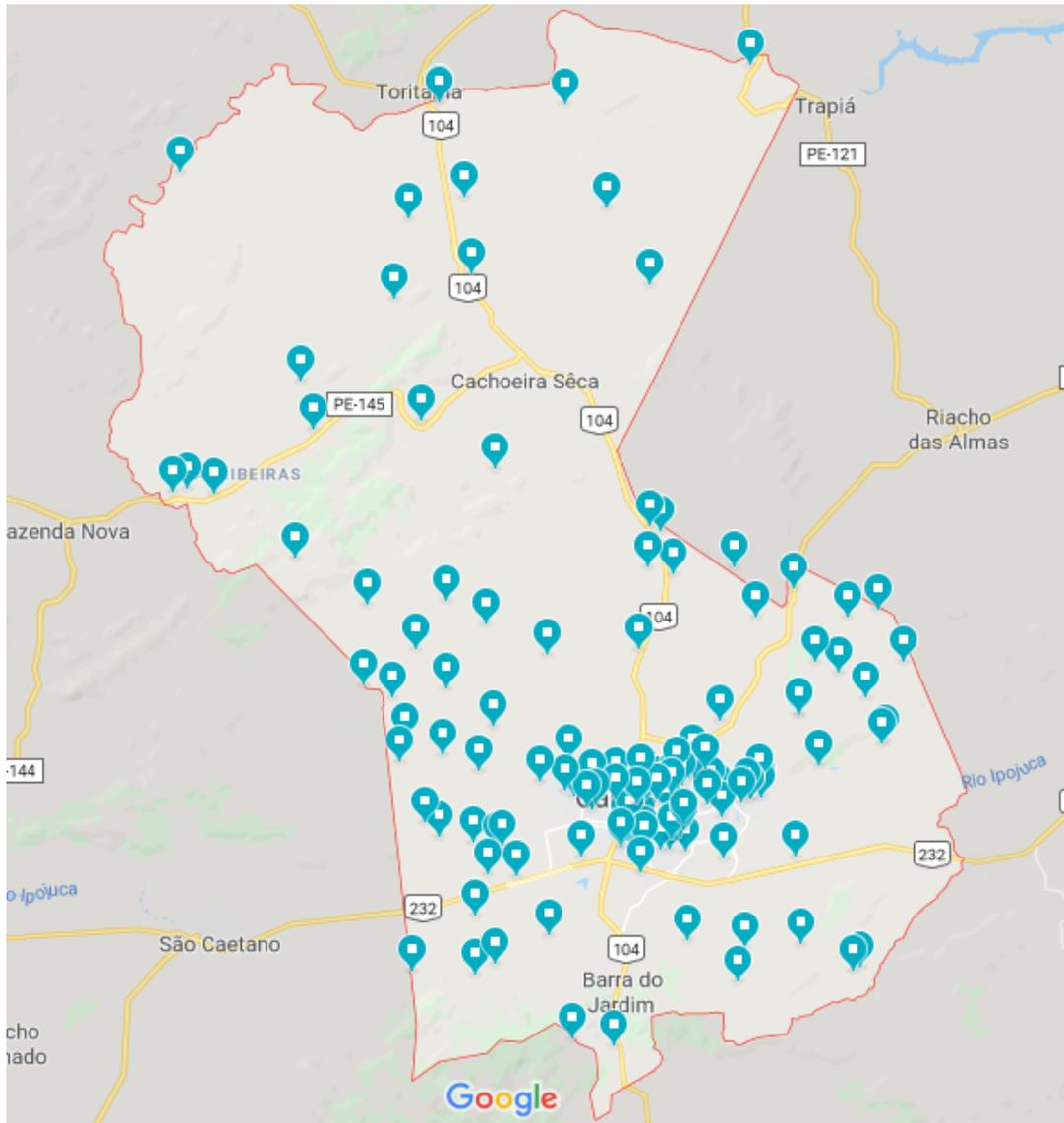
O capítulo atual descreve a GAE e a SEDUC, detalhando o modelo utilizado atualmente, bem como os resultados obtidos através da metodologia aplicada de modo a atender ao objetivo principal e aos objetivos específicos apresentados na introdução para solucionar o problema. Em seguida, relacionam-se os resultados alcançados com as estratégias usadas pela empresa.

### 5.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A organização, em estudo, a SEDUC é uma das 17 secretarias pertencentes à Prefeitura Municipal, sede do Poder Executivo do município. A mesma tem como objetivo oferecer educação gratuita e de qualidade, para isso utiliza de sistemas de monitoramento com indicadores para avaliar o desempenho e a qualidade do ensino.

Atualmente a educação do município contempla três modalidades de ensino que são: EJA, Educação Infantil e fundamental, sendo composta por 140 escolas, divididas da seguinte forma: 20 creches; 6 Tempo Integral e 114 Tempo Regular, das quais 81 localizam-se na zona rural e as demais se localizam na zona urbana (sede), desse quantitativo de escolas 6 são anexos no entanto por estarem em localidade diferentes das suas respectivas sedes e ser necessário entregar em um outro endereço foram considerados com escolas independentes conforme é possível visualizar a localização das escolas na Figura 4:

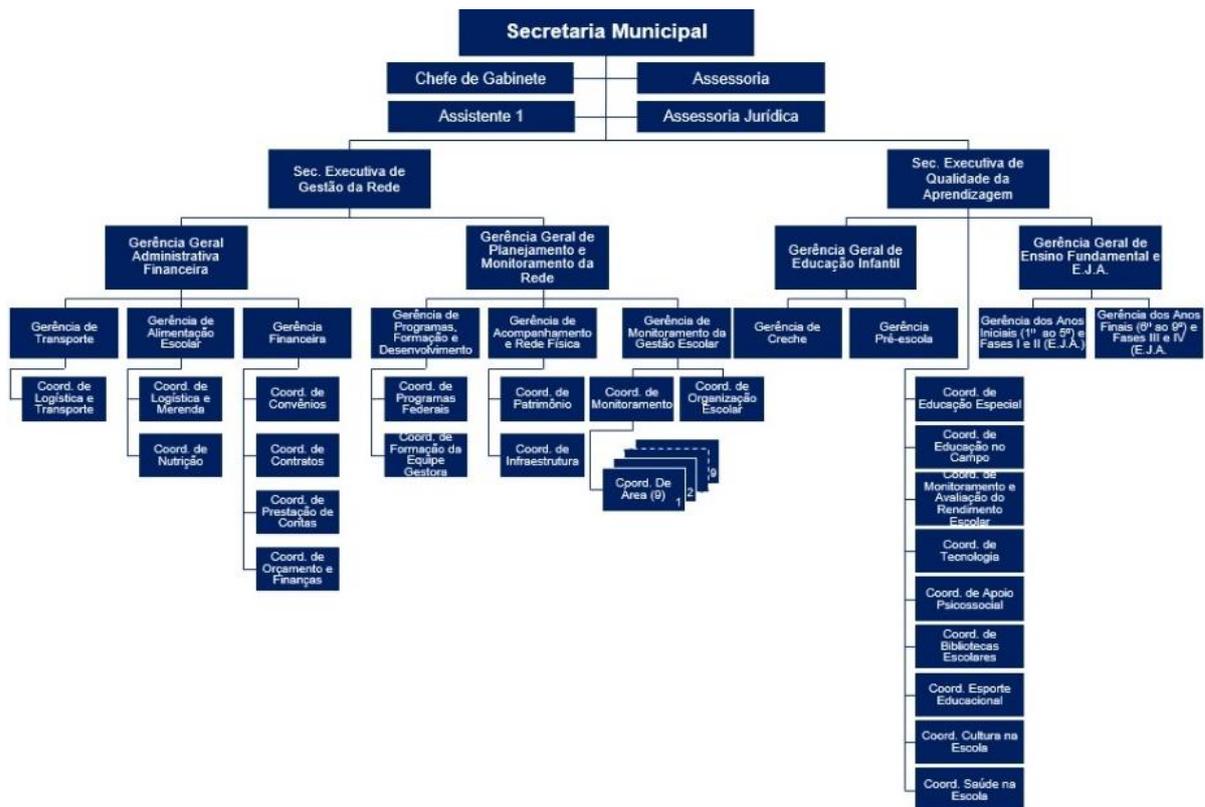
Figura 4 – Mapa de Caruaru com a localização das Escolas Municipais



Fonte: O autor (2019)

De maneira geral a rede municipal de educação do município de um município do agreste pernambucano contempla aproximadamente de 45 mil estudantes, desta forma para desempenhar todas as atividades diretas ou de apoio no sistema de educação a SEDUC é subdividida em quatro gerências e 10 sub gerências com competências específicas, conforme a Figura 4.

Figura 5: Organograma



Fonte: (Caruaru, Prefeitura Municipal de Caruaru, 2018)

A gerência de alimentação escolar (GAE), foco do presente estudo, é dividida em duas coordenações: Coordenação de Nutrição e Coordenação de Logística. A coordenação de nutrição realiza as ações de avaliação nutricional dos estudantes; realização de ações de educação alimentar; elaboração dos cardápios para as modalidades de ensino; visitas de acompanhamento nutricional dentre outras atividades. Já a coordenação de logística desempenha todas as ações relacionadas à distribuição dos insumos nas escolas, desde o pedido dos itens aos fornecedores, recebimento no armazém, separação, entrega e acompanhamento dos estoques nas escolas.

Dessa forma, viu-se a necessidade de avaliar o serviço de distribuição da merenda escolar que está sendo prestado atualmente e propor alternativas para minimizar os custos logísticos aplicando um modelo de roteirização, com o objetivo de aumentar o nível de serviço prestado e minimizar os custos logísticos.

## 5.2.DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O presente estudo aborda um problema de baixa eficiência em um sistema logístico e custos elevados de transporte, para realização do trabalho a SEDUC disponibilizou todos os dados para o desenvolvimento da pesquisa. Para compreensão do sistema atual foram

coletados os dados através de pesquisa, entrevistas e coleta documental. A GAE deve atender a demanda de merenda escolar de todas as escolas de maneira integral e o não atendimento gera penalizações para o departamento.

O estudo de caso levou em consideração os aspectos da demanda da instituição e também das características do sistema atual de forma a encontrar soluções que fossem viáveis economicamente de serem implantadas, no que se refere à limitação da capacidade de armazenamento de algumas escolas, como também para redução das distâncias percorridas.

As escolas funcionam de segunda-feira à sexta-feira dessa forma as entregas deve ser realizada nesse intervalo de respeitando a jornada de trabalho da equipe que se trata de oito horas diárias, como os veículos levam em média de trinta minutos à uma hora para serem carregados foi determinado no problema que as rotas deveriam ter no máximo sete horas juntando o tempo de percurso e o tempo de descarregamento.

O armazém de origem se localiza na SEDUC e os destinos são as unidades escolares, a dinâmica de distribuição é realizada partindo do princípio que os insumos estarão disponíveis no armazém em quantidade suficiente. O processo consiste inicialmente em separar os insumos que deveram ser enviados para cada destino, cada escola  $i$  possui uma demanda positiva para cada período de tempo  $D$ , posteriormente são carregados nos veículos e são enviadas as escolas onde são recebidos, descarregados e armazenados. Para obtenção da localização de cada uma das escolas, foi usado o SIG – Google Maps, serviço online que disponibiliza mapas de lugares e suas principais vias, de maneira a fornecer distâncias e a possibilidade de localizar endereços.

A quantidade e a composição dos insumos que é enviado às escolas são determinadas com base nos cardápios definidos e na quantidade per-capita para cada cardápio de forma a suprir os nutrientes necessários, após definição da per-capita por cardápio é multiplicado pela quantidade de estudantes de cada modalidade obtendo como resultado a quantidade de cada item que deve ser enviada a escola em um determinado intervalo de tempo. Atualmente 45% do volume dos insumos que são entregues durante o mês é distribuído na primeira semana do mês vigente, e o restante do volume é entregue ao longo das outras três semanas o que gera um pico de solicitação do sistema de distribuição e posteriormente uma subutilização nas demais semanas.

Os custos de armazenamento de estoque nas escolas não foram considerados, devido a estes não impactarem significativamente neste problema. O custo de transporte  $C_{ij}$  é definido

para cada par de nós (i, j) não foi considerado, devido à prefeitura atualmente pagar os veículos por diária e não por Km rodados. Atualmente são utilizados 10 caminhões, onde cada veículo normalmente realiza uma rota por dia, em caso de a rota ser muito pequena realiza mais de uma, as rotas dos veículos começam e terminam no armazém de distribuição. Cada escola pode ser visitada no máximo uma vez por rota.

Pelas restrições das estradas os veículos quando saem para rotas que vão para a zona rural saem com carga máxima de 3000 kg e para rotas exclusivamente urbanas a capacidade máxima deve ser de 3500 kg, dessa forma no problema foi considerado que as rotas que tinham escolas da zona rural e zona urbana deveriam ter no máximo 77% e 91% de ocupação do veículo respectivamente.

As rotas atuais são divididas da seguinte forma: cinco Rotas para as Creches, duas Rotas para as escolas de Tempo Integral, dez rotas para as escolas da zona rural e sete rotas para as escolas de tempo regular localizada na cidade, totalizando 24 rotas diferentes, em caso de volume pequeno as rotas de Creche são reduzidas a duas e as rotas de tempo integral são reduzidas a uma. As rotas para localização das escolas da sede foram desenvolvidas pelo o autor em seu estágio na instituição de maneira empírica, observando visualmente o volume de insumo consumido nas escolas e a suas respectivas localizações.

Todas as escolas de tempo regular devem ser visitadas ao menos uma vez durante o período de tempo de 15 dias e as escolas de tempo integral e creches deve ser visitado ao menos uma vez por semana, esse prazo é definido atualmente pela gerência de alimentação escolar. O intervalo de visitas é determinado com base no consumo de cada modalidade de ensino e na perecibilidade dos insumos. Nas escolas de Tempo Integral e Creche que possuem um alto consumo de carne em seus cardápios e a entrega de carnes deve ser realizada ao menos duas vezes por semana devido à incapacidade das mesmas em armazenar esse item em quantidade.

No entanto é relatado por parte da gerência que para as escolas de tempo regular da sede, na sua grande maioria são de grande porte, a entrega de frutas, verduras e tubérculos entregadas quinzenalmente afeta na qualidade da merenda servida, já a entrega neste mesmo intervalo não afeta para as escolas rurais que na sua grande maioria são de pequeno porte, pois os mesmos conseguem ser armazenados refrigerados.

Atualmente, a SEDUC não utiliza um método para definição de rotas, de forma que as rotas são definidas com base na modalidade de ensino e com base no conhecimento dos

funcionários e motoristas sobre a localização das escolas. Assim, pôde-se ver que as rotas são definidas de maneira genérica não ótima.

No presente estudo foram desconsideradas nove escolas devido à falta de dados da localização das mesmas por parte da GAE, as mesmas contem juntas apenas 3,03% do total de alunos da rede de ensino de Caruaru possuindo um impacto praticamente irrelevante na análise total do sistema logístico.

A próxima seção mostrará aspectos relevantes para a análise do problema, definição da programação de entregas e a definição de novas rotas com a aplicação do método de Clarke e Wright com o objetivo de minimizar os custos de transporte juntamente com a distância total percorrida pela frota.

### 5.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE RESOLUÇÃO

Inicialmente analisaram-se os dados de consumo de cada item por unidade, visando encontrar semelhanças no consumo de cada item nas unidades escolares de forma que pudessem ser agrupados no momento da distribuição, foram identificados os seguintes pontos nessa análise:

- Nas escolas de tempo integral e creches o consumo de carne é diário;
- Sempre que há o consumo de carnes são utilizados também os seguintes itens: verduras, cominho, colorífico, alho, óleo e sal;
- Todos os tipos de carnes estão associados ao menos a um desses tipos de itens: Arroz e Feijão, Macarrão, Macaxeira, Batata e Inhame.

As combinações dos insumos são muito variadas, em determinados casos ao mudar a forma de preparo já muda a utilização de alguns insumos, não havendo um padrão. Foi identificado que no atual sistema as entregas não são feitas com base nos critérios citados a cima chegando ao ponto de o cardápio não ser servido por falta de alguns insumos.

Para viabilizar os cálculos e a análise dos dados foram convertidos todos os 110 itens aproximadamente para unidade de peso e volume, de forma a viabilizar o transporte, pois, por exemplo, um saco de feijão não pode ficar em cima de uma caixa de óleo de cozinha, para isso calculou-se quantas unidades de cada item caberia nos contentores tropicais II que foram tomados como unidade de volume padrão, dessa forma os itens foi dividida nos seguintes grupos:

Tabela 1 – Agrupamento dos insumos

<b>Grupo</b>	<b>Tipo do Insumo</b>
Grupo 1	Cereais
Grupo 2	Naturais (Verduras, Tubérculos e Frutas).
Grupo 3	Carnes.
Grupo 4	Massas (Bolos e Pão)
Grupo 5	Ovos
Grupo 6	Bebida Láctea e Margarina
Grupo 7	Polpas

Fonte: O Autor (2019)

Os itens de cada grupo podem ser armazenados em uma mesma caixa já os itens de grupos diferentes devem ser armazenados em caixas diferentes, dessa forma foi unificada a unidade dos itens transportados em volume (Und. de caixas) e peso (kg). De forma a determinar o tempo de descarregamento em cada unidade escolar foi determinado com base no volume de cada entrega, como pode ser descrito na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Tempo de descarregamento com base no volume

<b>Quantidade de Caixas entregues</b>	<b>Tempo de descarregamento</b>
1 até 8	10 min
9 até 18	20 min
19 até 35	30 min
36 até 58	40 min
59 até 80	50 min

Fonte: O Autor (2019)

Posteriormente foi analisada a quantidade de entregas realizadas por mês nas unidades escolares e foram obtidos os seguintes dados:

Figura 6 – Entregas por mês no modelo atual



Fonte: O Autor (2019)

Durante os meses de janeiro a julho foi relatado por parte da Gerência de Alimentação Escolar (GAE) que a mesma não possuía contrato de fornecimentos de muitos insumos de forma que durante esses meses o cardápio não foi cumprido como deveria, sendo normalizado a partir do mês de agosto, de forma que quando o sistema está operando de maneira normal são realizadas em torno de 1000 entregas durante o mês, havendo uma taxa de utilização dos veículos atuais de menos de 50%.

A baixa utilização ocupação dos veículos e a demanda concentrada em sua grande parte em uma única semana aumenta a necessidade de veículos para realizar as entregas, atualmente cada veículo é pago em diárias no valor de R\$ 220,00 totalizando durante o mês o valor de R\$ 4.400,00 por veículo, como são utilizados 10 veículos e cada um é utilizado aproximadamente 10 meses durante o ano isso representa para a Secretaria um custo de R\$ 440.000,00 anuais com a frota para realizar a distribuição da merenda escolar.

Dessa forma antes de realizar a roteirização surge à necessidade de balancear o volume de insumos distribuído ao longo do mês e minimizar o número de entregas sem deixar de atender a demanda e respeitando as restrições.

#### 5.4. ANÁLISE DE RESULTADOS

De forma a balancear o volume de insumos distribuído ao longo do mês e minimizar o número de entregas sem deixar de atender a demanda e respeitando as restrições de entrega foi definida a seguinte programação de entrega para o período de um mês:

Tabela 3 – Nova programação de distribuição da merenda escolar

<b>Modalidades</b>	<b>1 Semana</b>	<b>2 Semana</b>	<b>3 Semana</b>	<b>4 Semana</b>
<b>Tempo Regular (Zona Rural)</b>	Cereais Carnes Naturais Polpas Ovos	Não há entregas	Carnes Massas Naturais Polpas Bebida lác.	Massas Ovos Bebida Lác.
<b>Tempo Regular (Sede)</b>	Carnes Naturais Polpa Ovos Bebida Lác. Massas	Carnes Naturais Polpa Cereais	Carnes Naturais Polpa Ovos Bebida Lác. Massas	Carnes Naturais Polpa Cereais
<b>Creche</b>	Carne Naturais Cereais Polpa	Carnes Naturais Polpa	Carne Naturais Cereais Polpa	Carnes Naturais Polpa
<b>Tempo Integral</b>	Carne Naturais Cereais Polpa	Carne Naturais Cereais Polpa	Carne Naturais Cereais Polpa	Carne Naturais Cereais Polpa

Fonte: O Autor (2019)

Dessa forma as entregas foram roteirizadas em grupos por semana, onde cada semana ficou com uma quantidade de pontos a serem roteirizados, como é possível ver na Tabela 4:

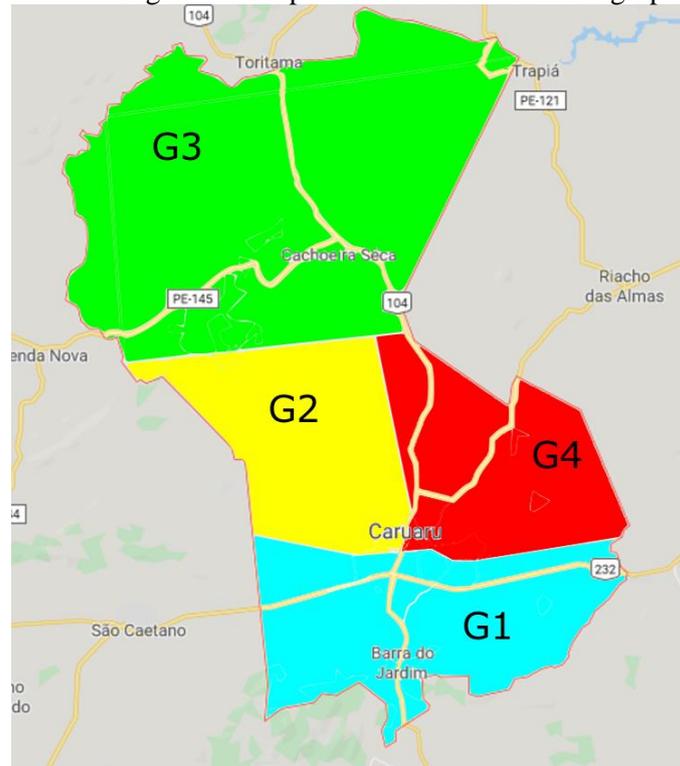
Tabela 4 – Quantidade de pontos a serem atendidos por semana

	<b>1 Semana</b>	<b>2 Semana</b>	<b>3 Semana</b>	<b>4 Semana</b>
<b>Quantidade de pontos a serem roteirizados</b>	131	60	131	131

Fonte: O Autor (2019)

Pela limitação do *software* no módulo *ROUTER* de roteirizar até 60 paradas por vez as entregas das 1º, 3º e 4º semana necessitaram ser subdivididas em grupos menores, como pode ser visto na Figura 7:

Figura 7 – Mapa de Caruaru dividido em grupos



Fonte: O Autor (2019)

Cada grupo foi dividido considerando a quantidade de escolas em cada área e as características das localidades, podendo ser visualizado a divisão na Tabela 5:

Tabela 5 – Divisão das rotas da 1º, 3º e 4º em subgrupos

	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>	<b>Grupo 4</b>
<b>Quantidade de pontos</b>	39	26	17	49

Fonte: O Autor (2019)

Pela restrição de capacidade de armazenamento das carnes presente nas modalidades de creche e tempo integral foi definida uma programação extra para essas duas modalidades além da citada acima, podendo ser visualizado na Tabela 6:

Tabela 6 – Nova programação de distribuição extra

<b>Modalidades</b>	<b>1 e 3 Semana</b>	<b>2 e 4 Semana</b>
<b>Creche</b>	Carne Ovos Massas Bebida Lác.	Carne
<b>Tempo Integral</b>	Carne Ovos Massas Bebida Lác.	Carne

Fonte: O Autor (2019)

As Rotas extras foram roteirizadas separadamente das rotas de cada semana, devido a esses insumos necessitarem serem entregues em dias diferentes as entregas principais da semana devido à incapacidade de armazenamento dessas escolas, sendo 26 pontos a serem roteirizados em cada semana. Por não haver registrado as distâncias percorridas atualmente, após a definição da nova programação de entrega analisou a distância percorrida e a ocupação dos veículos com base nas rotas atuais em comparação as rotas propostas.

Ao realizar a roteirização foi necessário atribuir a demanda de alguns pontos a outros, devido aos pontos estarem localizados relativamente próximos, no entanto não haver via de acesso direto entre esses dois pontos, esse problema ocorreu em algumas rotas que passavam na zona rural. Além do mais nas rotas da semana quatro, onde havia escolas que possuíam demandas muito grandes e outros muitos pequenos o software não apresentou solução viável que se atende todas às escolas, pois o mesmo visa equilibrar o volume de insumos em cada rota, com isso o mesmo deixava de atender alguns pontos o que não apresenta como sendo uma solução viável. Para resolução de tal problema foi separado em os grupos G4 e G2 na semana quatro em dois grupos menores cada, separando as escolas que possuíam demandas muito discrepantes.

A programação de distribuição alinhada a heurística de Clarke e Wright, aplicada por meio da função *ROUTER* do *software LOGWARE*, apresentou resultados positivos para o estudo. Totalizando 69 roteiros que serão realizados dentro de cada período de um mês. Diferentemente do modelo atual que determina as rotas com base na modalidade de ensino, foi determinado às rotas com base na necessidade de consumo semanal das escolas. Assim, o resumo das saídas obtidas pelo programa pode ser visto na Tabela 7. Os gráficos plotados para cada rota encontram-se no Apêndice 1.

Tabela 7 – Resumo das saídas pelo programa *LogWare*

<b>Nome /Rota</b>	<b>Rota</b>	<b>Nº Pontos</b>	<b>Distância</b>	<b>Tempo</b>
1	42 – 7 – 10 – 10 – 35 – 3 – 58 – 60	7	5,8	23min
2	66 – 78 – 79 – 64 – 61 – 44	6	43,3	1 h e 30 min
3	59 – 40 – 43 – 45 – 54 – 56	6	10,8	34 min
4	69 – 75 – 72 – 73 – 74 – 68 – 70 – 71	8	44,5	1 h e 34 min
5	39 – 38 – 65 – 67 – 5 – 29 – 17 – 41	8	35,9	58 min
6	77 – 76 – 62 – 63	4	38,9	1 h e 6 min
7	1 – 23	2	11,5	37 min
8	28 – 13 – 121 – 118 – 117 – 37	6	31,2	1 h e 7 min
9	57 – 51 – 33 – 36 – 34	5	18,4	36 min
10	130 – 127 – 124 – 129 – 125 – 126 – 128 – 131 – 120 – 119 – 116 – 123 –	13	83,1	3 h e 1 min

	122			
11	92 – 91 – 94 – 87 – 89 – 84 – 88 – 81 – 83	9	142,8	3 h e 7 min
12	90 – 85 – 95 – 96 – 97 – 99 – 86 – 80	8	164	3 h e 45 min
13	6 – 53 – 9 – 101 – 104 – 107 – 100 – 47	8	32,2	1 h e 24 min
14	8 – 32 – 4 – 48 – 12 – 24	6	11,4	35 min
15	50 – 49 – 22 – 14 – 55	5	10,6	37 min
16	16 – 52 – 11 – 26	4	13,8	39 min
17	20 – 15 – 93 – 98 – 115 – 82	6	40,6	1 h e 2 min
18	27 – 18 – 46 – 2 – 19 – 21	6	11,9	37 min
19	31 – 30 – 25	3	8,9	27 min
20	114 – 111 – 110 – 106 – 103 – 109 – 108 – 112 – 113 – 105 – 102	11	69,6	1 h e 56 min
21	3 – 18 – 2 – 23 – 1 – 19 – 21 – 8 – 4 – 20 – 24 – 12 – 15 – 13 – 5 – 17	16	73,2	2 h e 25 min
22	7 – 10 – 22 – 14 – 25 – 11 – 26 – 9 – 6 – 16	10	17,5	58 min
23	92 – 91 – 94 – 90 – 87	5	126	2 h e 53 min
24	89 – 84 – 80 – 83 – 81 – 88	6	98,5	1 h e 39 min
25	85 – 95 – 96 – 97 – 99 – 86	6	139	3 h e 14 min
26	7 – 25 – 16	3	9,9	29 min
27	8 – 20 – 47 – 12 – 15	5	40,6	1 h e 3 min
28	10 – 22 – 49 – 27 – 55	5	9,2	31 min
29	26 – 11 – 6 – 53 – 9 – 52	6	15,5	44 min
30	5 – 29 – 41 – 17	4	33,9	54 min
31	18 – 2 – 19 – 21	4	11,7	37 min
32	33 – 28 – 13 – 37	4	21,2	44 min
33	35 – 56 – 54 – 43 – 40	5	9	35 min
34	42 – 30 – 31 – 14 – 3	5	7	30 min
35	44 – 45 – 38 – 39 – 51 – 34 – 36	7	28,3	1 h e 1 min
36	46 – 23 – 1 – 57	4	16,9	30 min
37	50 – 32 – 4 – 48 – 24	5	9,5	27 min
38	60 – 58 – 59	3	6,6	18 min
39	42 – 7 – 10 – 35 – 3 – 58 – 60 – 69 – 75 – 72 – 73 – 74 – 68 – 70 – 71	15	49,5	1 h e 56 min
40	77 – 61 – 64 – 79 – 78 – 62 – 63 – 44	8	48,4	1 h e 51 min
41	59 – 40 – 43 – 45 – 54 – 56	6	12,1	31 min
42	39 – 38 – 65 – 67 – 5 – 29 – 17 – 41 – 66 – 76	10	42,4	1 h e 17 min
43	118 – 122 – 123 – 116 – 119 – 120 – 131 – 128 – 126 – 125 – 124 – 127 – 129 – 117 – 130	15	98,1	3 h e 25 min
44	23 – 1 – 57	3	16	27 min
45	34 – 36 – 33 – 28 – 13 – 121 – 37 – 51	8	23,6	56 min
46	32 – 4 – 20 – 47 – 12 – 24 – 48	7	12	38 min
47	22 – 14 – 49 – 8 – 50	5	9,9	32 min
48	16 – 6 – 52 – 9 – 53 – 11 – 26	7	16	51 min
49	55 – 18 – 46 – 2 – 19 – 21 – 27	7	16	40 min

50	101 – 107 – 104 – 105 – 108 – 109 – 103 – 106 – 100 – 111 – 82	11	62,6	1 h e 49 min
51	15 – 93 – 98 – 115 – 114 – 110 – 113 – 112 – 102	9	82,8	2 h e 20 min
52	1 – 23	2	14,2	22 min
53	33 – 28 – 13 – 121 – 37	5	22,9	51 min
54	57 – 51 – 34 – 36	4	17,6	34 min
55	8 – 20 – 47 – 12 – 24	5	12,1	38 min
56	11 – 26 – 48 – 4 – 32	5	11,4	33 min
57	16 – 6 – 53 – 9 – 52	5	13,2	37 min
58	18 – 46 – 2 – 19 – 21	5	11,9	37 min
59	22 – 49 – 27 – 55	4	9,2	31 min
60	25	1	7,5	19 min
61	30 – 31 – 14 – 50	4	9	30 min
62	35 – 3 – 7 – 10	4	4,9	16 min
63	69 – 75 – 72 – 73 – 74 – 68 – 70 – 71 – 42	9	47,4	1 h e 44 min
64	44 – 54 – 56	3	12	31 min
65	45 – 29 – 39	3	31,1	54 min
66	59 – 40 – 43	3	7,2	15 min
67	60 – 58	2	3,2	12 min
68	41 – 17 – 77 – 61 – 64 – 79 – 78 – 66 – 62 – 63	10	58,1	2 h e 5 min
69	38 – 65 – 67 – 5 – 76	5	28,4	48 min

Fonte: O Autor (2019)

A distribuição das rotas que devem ser realizados por semana pode ser visualizado na Tabela 8:

Tabela 8 – Divisão das rotas por semana

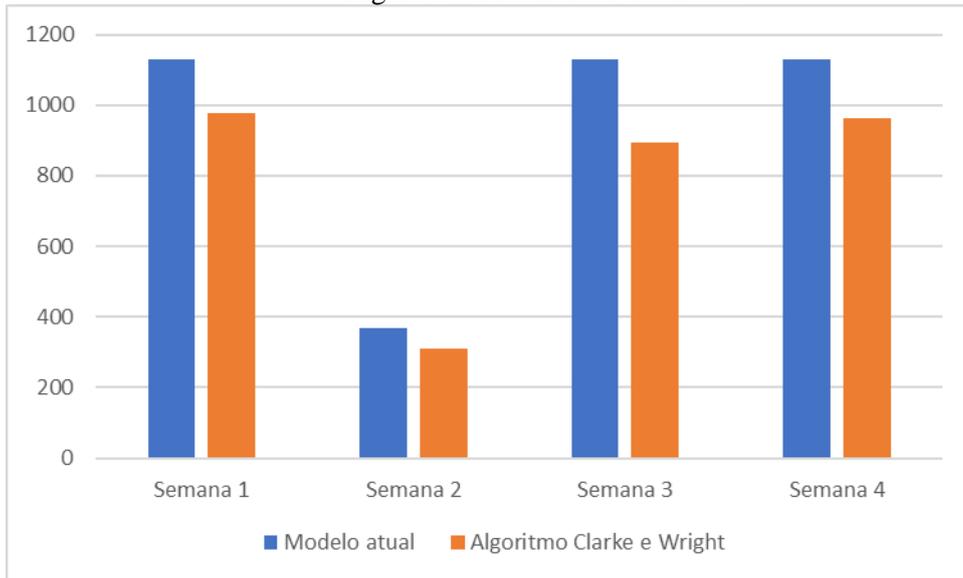
Semana	Rotas
Semana 1	1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 13 – 14 – 15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 22 – 23 – 24 – 25
Semana 2	21 – 22 – 26 – 27 – 28 – 29 – 30 – 31 – 32 – 33 – 34 – 35 – 36 – 37 – 38
Semana 3	11 – 12 – 21 – 22 – 39 – 40 – 41 – 42 – 43 – 44 – 45 – 46 – 47 – 48 – 19 – 49 – 50 – 51
Semana 4	11 – 12 – 21 – 22 – 43 – 50 – 51 – 52 – 53 – 54 – 55 – 56 – 57 – 58 – 59 – 60 – 61 – 62 – 63 – 64 – 65 – 66 – 67 – 68 – 69

Fonte: O Autor (2019)

## 5.5.COMPARAÇÃO ENTRE O MODELO ATUAL E O PROPOSTO

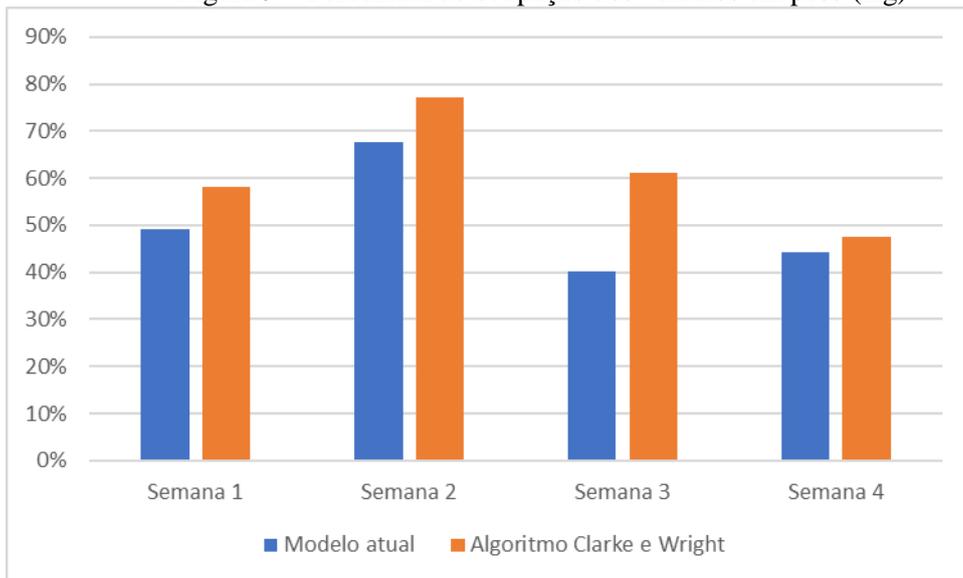
Para analisar o rendimento do modelo atual e proposto, foram feitas análises de distâncias percorridas, percentual de ocupação dos veículos, como pode ser visto nas Figuras 8, 9 e 10.

Figura 8 – Distâncias Percorridas



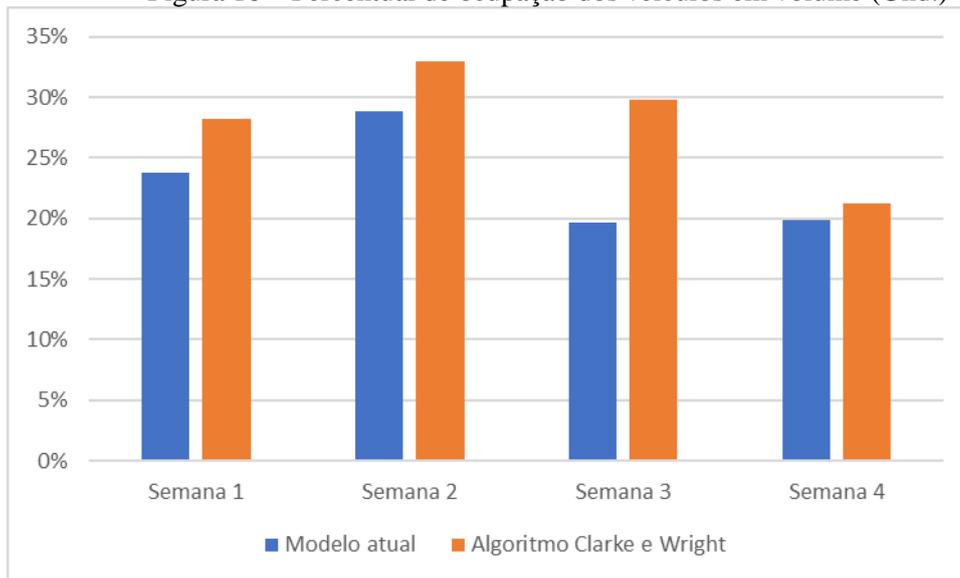
Fonte: O Autor (2019)

Figura 9 – Percentual de ocupação dos veículos em peso (Kg)



Fonte: O Autor (2019)

Figura 10 – Percentual de ocupação dos veículos em volume (Und.)



Fonte: O Autor (2019)

Com a implantação do novo método houve uma redução de 617 km o que representa 16%, o que evidencia a eficiência do algoritmo de Clarke e Wright na busca de rotas que minimizem a distância percorrida. O modelo atual para o proposto evidencia-se um aumento na ocupação dos veículos em 5% em relação ao volume, e 11% em relação ao peso. Além disso, com as rotas novas a necessidade de veículos passa a ser de quatro, considerando um veículo a mais em caso de qualquer eventualidade, o modelo proposto passaria a operar com cinco veículos, o que representa metade da frota atual e uma redução no valor de R\$ 220.000,00 por ano aos cofres públicos, que poderiam ser revertidos em 110 freezers com capacidade de 534 litros para minimizar o problema de armazenamento de insumos congelados nas escolas e por consequência aumentando a eficiência do sistema de distribuição.

No entanto, é possível observar que a redução das distâncias percorridas foi superior a 16% pois esse valor se refere à redução da nova programação de distribuição com as rotas atuais e propostas, no entanto, em média, atualmente são realizadas 1.000 entregas mensais e com a nova programação seriam reduzidas a 580, o que representa uma redução de 42%.

Contudo, ao analisar que para a implantação de qualquer mudança é necessário analisar os aspectos e recursos disponíveis pela organização, sendo estes relevantes para a resolução do problema, ao final do trabalho, os resultados foram apresentados a Gerência de Alimentação Escolar (GAE).

## 6. CONCLUSÃO

A utilização da ferramenta SIG Google Maps, ajudou na localização das unidades escolares junco com o armazém de distribuição e atrelado a aplicação da função *ROUTER* da ferramenta *LOGWARE*, proporcionou uma redução nas distâncias percorridas. A nova política de determinação de rotas que não considera a modalidade de ensino e sim a demanda apresentou resultados muito efetivos comparados ao sistema atual. Dessa forma, as ferramentas utilizadas proporcionaram uma oportunidade de melhorar o sistema atual de distribuição da merenda escolar.

Durante o estudo surgiram algumas limitações, como a falta de informação a cerca da localização de algumas unidades escolares, pois a GAE não possui essas informações sendo atualmente os funcionários os detentores do conhecimento da localização de algumas unidades escolares, caso algum funcionário saia e entre um novo, a GAE terá dificuldade de difundir as informações das devidas localizações. Outra limitação foi à dificuldade do software em determinar rotas onde há pontos com uma demanda muito elevada e outros pontos com uma demanda muito baixa, por fim, observou-se a não consideração da malha rodoviária real pelo software da ferramenta *LogWare*.

Para realização de trabalhos futuros, pode-se melhorar o procedimento de roteirização, analisando a viabilidade de uma nova localização de instalação que vise minimizar as distâncias percorridas com o auxílio de um método exato para a roteirização, o qual procure encontrar a solução ótima global. Também é indicada a utilização de um SIG que englobe as características da região analisada, e que os mesmos estejam atrelados ao software para solucionar o problema, dessa forma, a solução apresentada seja viável levando em consideração a malha rodoviária real.

## REFERÊNCIAS

- ABCOMM - Associação Brasileira de Comércio Eletrônico. **E-consumidor da Região Metropolitana de Ribeirão Preto**. 06 de agosto de 2019. Disponível em: <<https://abcomm.org/noticias/pesquisa-e-consumidor-da-regiao-metropolitana-de-ribeirao-preto/>>. Acesso em: 24 de Agosto de 2019.
- ALVES, Pedro Yuri AL; DELGADO, Karina Valdivia; DA SILVA, Valdinei Freire. Inventory Routing Problem with Time Windows: A systematic review of the literature. In: **Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Information Systems**. ACM, 2018. p. 28.
- ARNOLD, Florian; GENDREAU, Michel; SÖRENSEN, Kenneth. Efficiently solving very large-scale routing problems. **Computers & Operations Research**, v. 107, p. 32-42, 2019.
- ARCHETTI, Claudia; JABALI, Ola; SPERANZA, M. Grazia. Multi-period vehicle routing problem with due dates. **Computers & Operations Research**, v. 61, p. 122-134, 2015.
- AVCI, Mustafa; YILDIZ, Seyda Topaloglu. A matheuristic solution approach for the production routing problem with visit spacing policy. **European Journal of Operational Research**, 2019.
- BALLOU, Ronald H. Logística - Uma função essencial na empresa. In: Ballou, Ronald H. **Logística Empresarial: Transportes, Administração de Materiais, Distribuição Física**. 1 edição - 20. Reimpressão. Editora Atlas S.A., 2008. Capítulo 1, 17 – 38.
- BALLOU, Ronald H. Logística Empresarial/Cadeia de Suprimentos – Uma Disciplina Vital. In: Ballou, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5ª edição. Editora Bookman., 2006. Capítulo 1, 25 – 48.
- BALLOU, R. H. LOGWARE: Programas de computador selecionados para planejamento logístico. 1999.
- BEZERRA, Oneida Barros et al. **Localização de postos de coleta para apoio ao escoamento de produtos extrativistas-um estudo de caso aplicado ao babaçu**. 1995.
- BODIN, L.; GOLDEN, B.; ASSAD, A.; BALL, M. **Routing and Scheduling Of Vehicles: The State of The Art**. Pergamon Press, Great Britain, Special issue of Computers and Operations Research, v.10, n. 2, p. 63-211.
- BOWERSOX, Donald J. et al. Cadeia de Suprimentos no século XXI. In: BOWERSOX, Donald J. et al. **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. AMGH Editora, 2013. Capítulo 1, 2 – 30.
- CARUARU. Organograma da Secretaria Municipal de Educação. **Prefeitura de Caruaru**. Abril de 2018. Disponível em: <https://caruaru.pe.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/Secretaria-de-Educacao.jpg>. Acesso em: 03 de maio de 2019.
- CARVALHO, M. H.; CERIOLI, M. R.; DAHAB, R.; FEOFILOFF, P.; FERNANDES, C. G.; FERREIRA, C. E.; GUIMARÃES, K. S.; MIYAZAWA, F. K.; PINA JR., J. C.; SOARES, J.; WAKABAYASHI, Y. **Uma introdução sucinta a algoritmos de aproximação**. Editora do IMPA, 2001.
- CATTARUZZA, Diego; ABSI, Nabil; FEILLET, Dominique. The multi-trip vehicle routing problem with time windows and release dates. **Transportation Science**, v. 50, n. 2, p. 676-693, 2016.

CAVALCANTI, Marcelo Antunes. **Os sistemas logísticos de transporte e a estruturação do território pernambucano: gênese e produção**. 2015.

CHANDRA, Pankaj; FISHER, Marshall L. Coordination of production and distribution planning. **European Journal of Operational Research**, v. 72, n. 3, p. 503-517, 1994.

CHITSAZ, Masoud; CORDEAU, Jean-François; JANS, Raf. A unified decomposition matheuristic for assembly, production, and inventory routing. **INFORMS Journal on Computing**, v. 31, n. 1, p. 134-152, 2019.

CHIOCHETTA, João C.; HATAKEYAMA, Kazuo; LEITE, Magda LG. Evolução histórica da indústria brasileira: desafios, oportunidades e formas de gestão. In: **Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Brasília**. 2004.

CLARKE, Geoff; WRIGHT, John W. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. **Operations research**, v. 12, n. 4, p. 568-581, 1964.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES – CNT. **Transporte Rodoviário: Desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. Brasília: CNT, 2017.

CUNHA, C. B. **Uma Contribuição para o Problema de Roteirização de Veículos com Restrições Operacionais**. 1997. Tese (Doutorado) – EPUSP. São Paulo, 1997.

DANTZIG, George B.; RAMSER, John H. The truck dispatching problem. **Management science**, v. 6, n. 1, p. 80-91, 1959.

DEKHICI, Latifa et al. Discretization of the Firefly Algorithm for Home Care. **Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering**, v. 42, n. 1, p. 20-26, 2019.

ESTRADA-MORENO, Alejandro et al. A biased-randomized algorithm for redistribution of perishable food inventories in supermarket chains. **International Transactions in Operational Research**, v. 26, n. 6, p. 2077-2095, 2019.

FAN, Fernando Mainardi; COLLISCHONN, Walter. Integração do modelo MGB-IPH com sistema de informação geográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 243-254, 2014.

FERREIRA, V.O.; PUREZA, V. **Uma extensão da heurística de Clarke e Wright para designação de entregadores extras em roas de veículos**. In: XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2010, São Carlos.

FRAGA, Tatiana Balbi. (2016) Tutorial sobre o aplicativo Routing Mod.GRASP v.01. Site: [http://http://www.gamos.com.br/grasp\\_method.php#T\\_GRASPApp](http://http://www.gamos.com.br/grasp_method.php#T_GRASPApp), visitado em 15/12/2019.

GHIAMI, Yousef et al. A deteriorating inventory routing problem for an inland liquefied natural gas distribution network. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 126, p. 45-67, 2019.

GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P. **Otimização Combinatória e Programação, Linear – Modelos e Algoritmos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.

- GOULART, Verci Douglas Garcia; DE CAMPOS, Alexandre. Introdução e Conceitos Fundamentais em Logística de Transportes. In: GOULART, Verci Douglas Garcia; DE CAMPOS, Alexandre. **Logística de Transporte-Gestão Estratégica no Transporte de Cargas**. Editora Saraiva, 2018.
- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. Os problemas de Transporte e da designação. In: HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8ª Edição. McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda, 2006. Capítulo 8, 308 – 359.
- LAPORTE, G. The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms. **European Journal of Operational Research**, n 59: 345-358, 1992.
- LARRAIN, Homero et al. Exact solution methods for the multi-period vehicle routing problem with due dates. **Computers & Operations Research**, 2019.
- LI, Xiangyong et al. Integrated order allocation and order routing problem for e-order fulfillment. **IIE Transactions**, p. 1-23, 2019.
- LIMA, M.; LOBO, A. **Custos Logísticos no Brasil**. 2014. Disponível em: < <http://www.ilos.com.br/web/custos-logisticos-no-brasil/> >. Acesso em: 02 de agosto de 2019.
- LIMA, Renato da Silva; LIMA, Josiane Palma; SILVA, Thiago Vitali De Vito. Roteirização em arcos com um sistema de informações geográficas para transportes: aplicação em coleta de resíduos sólidos urbanos. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 2, p. 180-196, 2012.
- LIMA, Rento da Silva. (2003). **Bases para uma metodologia de apoio à decisão para serviços de educação e saúde sob a ótica dos transportes**. 200p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- LONDOÑO, A.; GRANADA-ECHEVERRI, M. Optimal placement of freight electric vehicles charging stations and their impact on the power distribution network. **International Journal of Industrial Engineering Computations**, v. 10, n. 4, p. 535-556, 2019.
- LONGLEY, Paul A.; MAGUIRE, David J.; GOODCHILD, Michael F.; RHIND, David. W. Sistemas, Ciência e Estudo. In: LONGLEY, Paul A.; MAGUIRE, David J.; GOODCHILD, Michael F.; RHIND, David. W. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3ª Edição. Bookman editora, 2009. Capítulo 1, 3 – 37.
- MOREIRA, Daniel Augusto. Localização de Instalações. In MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2ª Edição revista e ampliada. Cengage Learning Edições Ltda., 2008. Capítulo 7, 159 – 190.
- NETO, Lima et al. **Proposta para otimização de rotas de entrega de merenda escolar na rede pública da cidade de Manaus**. 2017.
- NOVAES, Antônio. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. Elsevier Brasil, 2016.
- PIRES, Sílvio R. I. Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management) Como Um Novo Modelo Competitivo e Gerencial. In: PIRES, Sílvio R. I. **Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain**

**Managemente):** Conceitos, Estratégias, Práticas e Casos. 1º Edição. Editora Atlas S.A., 2004. Capítulo 2, 47 – 77.

ROCHA, Naruna Pereira et al. Análise do programa nacional de alimentação escolar no município de Viçosa, MG, Brasil. **Rev. Saúde Pública**, v. 52, p. -, 2018.

SANTOS, Adriana Barbosa; DOS SANTOS, Jarbas Queiroz. O processo logístico como estratégia empresarial: um estudo de caso em uma indústria alimentícia de animais. **Revista Formadores**, v. 10, n. 1, p. 45, 2017.

SANTOS, Williane Lopes; SIMÕES, Igor Girlan Nunes; VASCONCELOS, Cleiton Rodrigues. Aplicação da ferramenta do software Logware com o módulo ROUSETEQ. Estudo de caso: roteirização de entrega de encomendas em uma empresa de transporte rodoviário. **Anais do X SIMPROD**, 2018.

SECRETARIA DA FAZENDA. **Greve dos caminhoneiros impacta a economia em cerca de R\$ 15,9 bilhões.** 2018. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/noticias/2018/junho/greve-dos-caminhoneiros-impacta-a-economia-em-cerca-de-r-15-9-bilhoes>>. Acesso em: 12 de agosto de 2019.

SLACK, Nigel.; CHAMBERS, Stuart.; JOHNSTON, Robert. Projeto de Rede de Operações Produtivas. In: SLACK, Nigel.; CHAMBERS, Stuart.; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2º Edição. Editora Atlas S.A., 2002. Capítulo 6, 170 – 199.

SCHITTEKAT, Patrick et al. A metaheuristic for the school bus routing problem with bus stop selection. **European Journal of Operational Research**, v. 229, n. 2, p. 518-528, 2013.

TAHA, Hamdy A. O problema de transporte e suas variantes. In: TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional**. 8º Edição. Editora Pearson, 2008. Capítulo 5, 85 – 104.

TAHA, Hamdy A. Programação linear Inteira. In: TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional**. 8º Edição. Editora Pearson, 2008. Capítulo 9, 156 – 177.



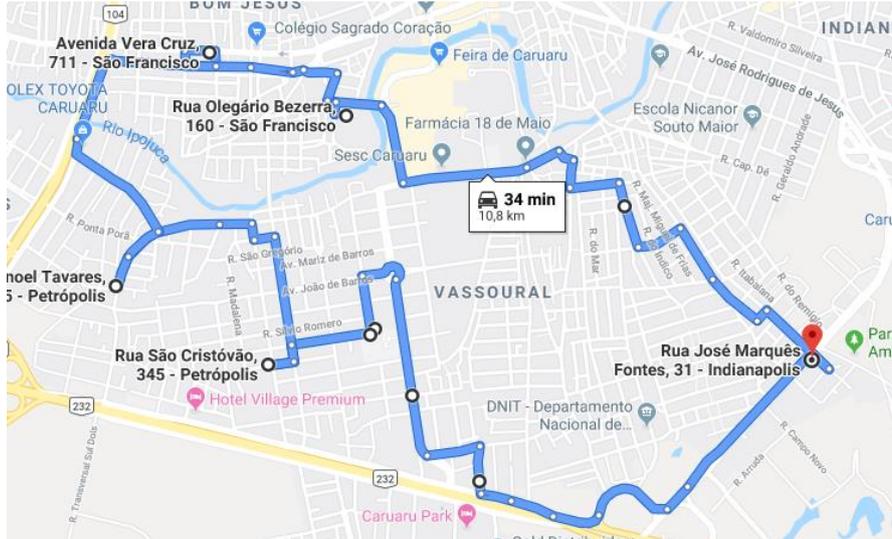


Figura 3 – Rota 3

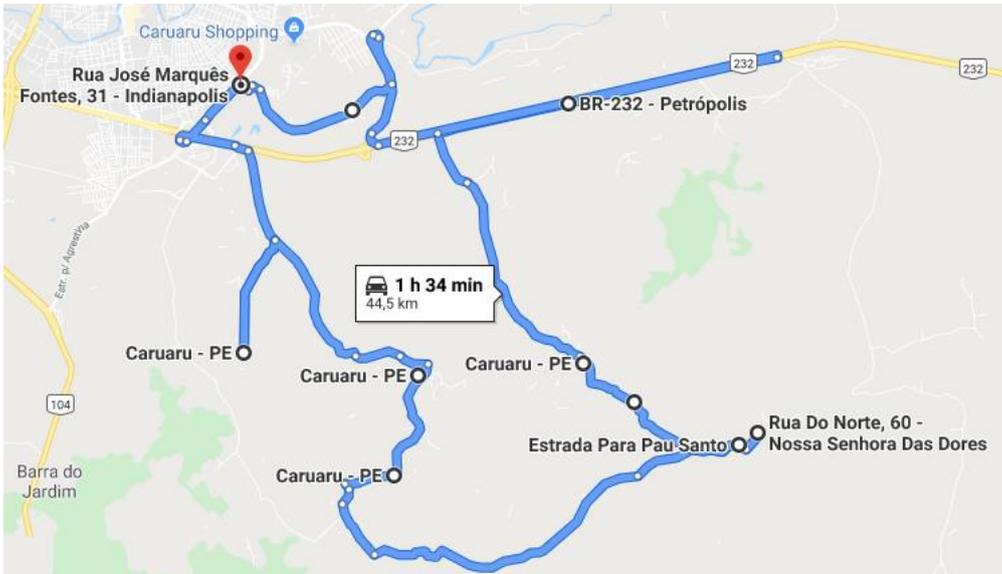


Figura 4 – Rota 4

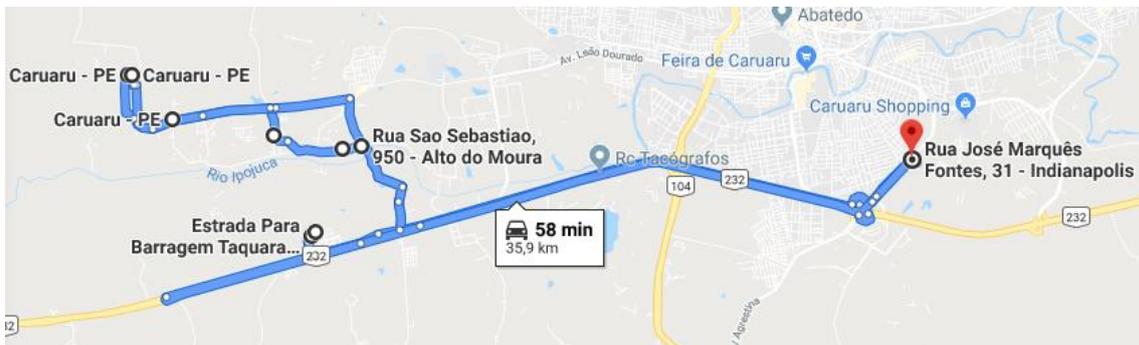


Figura 5 – Rota 5

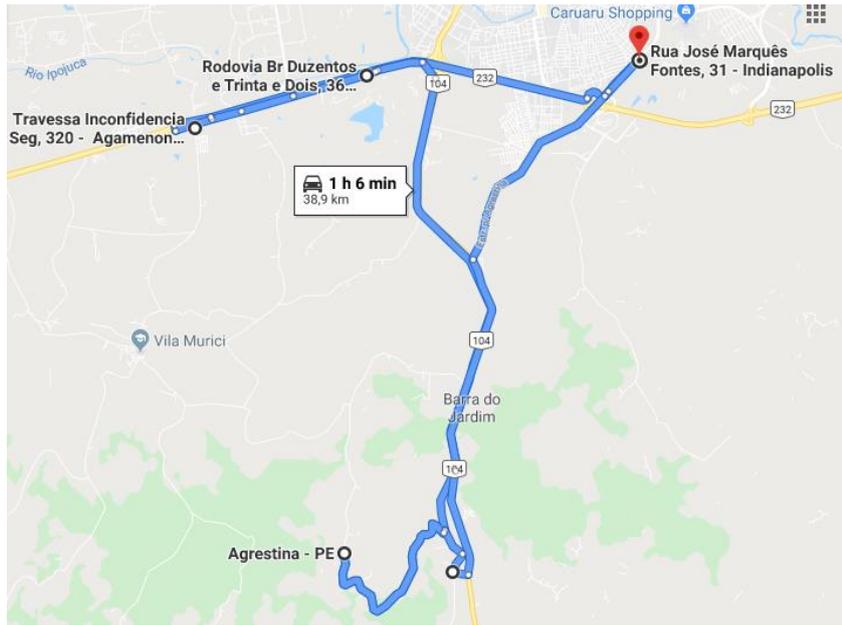


Figura 6 – Rota 6

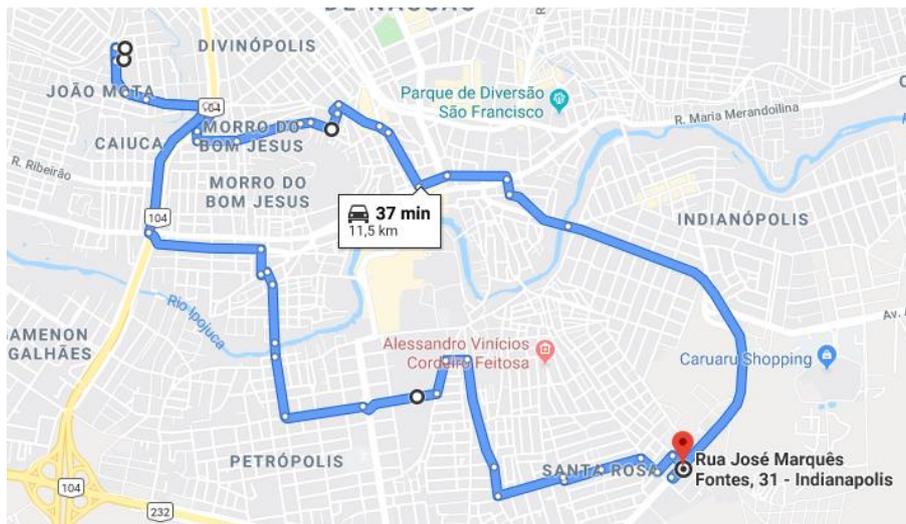


Figura 7 – Rota 7

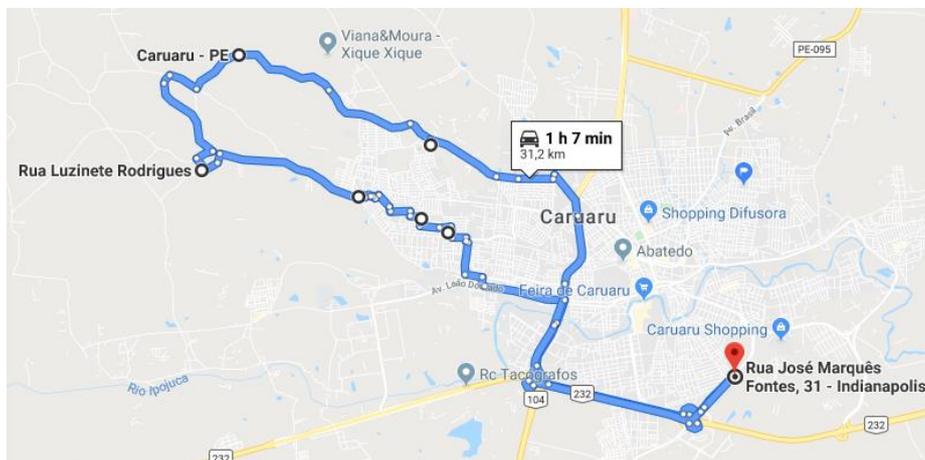


Figura 8 – Rota 8

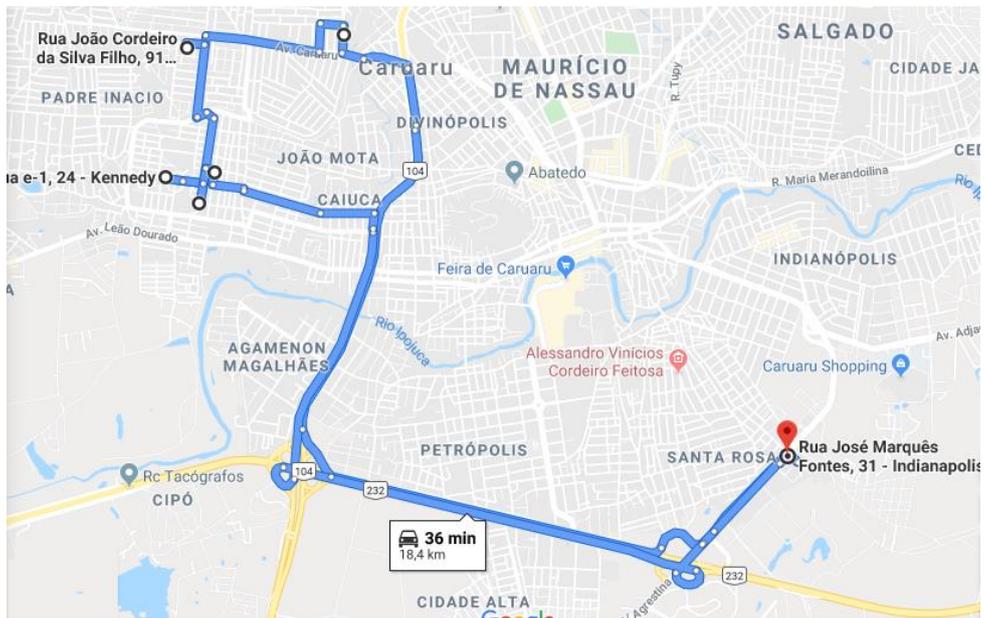


Figura 9 – Rota 9

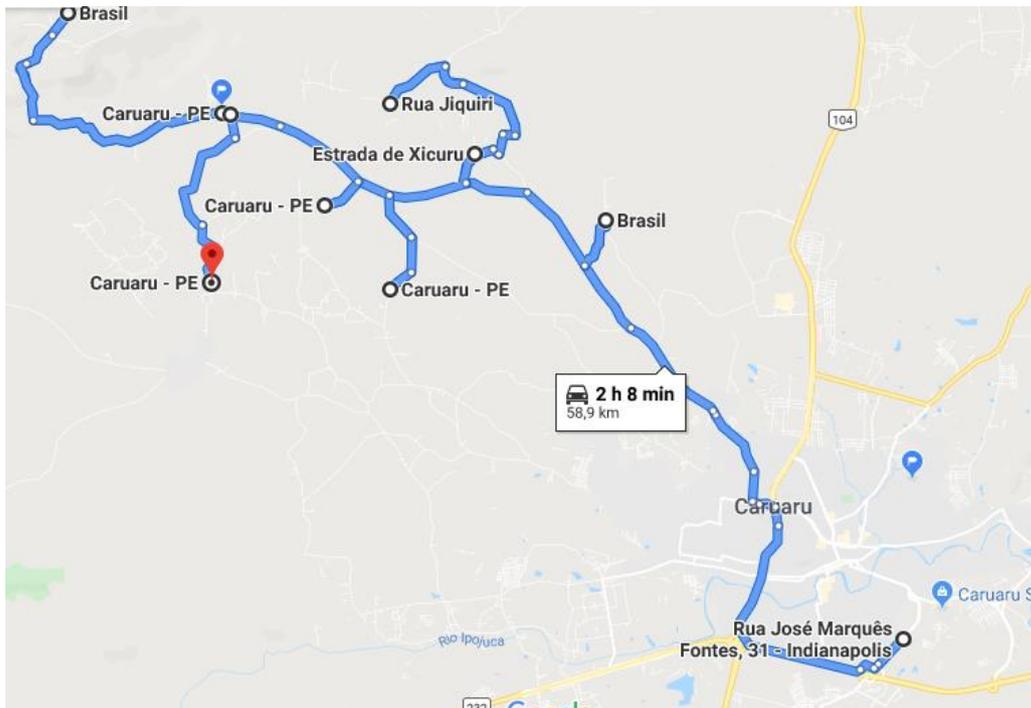


Figura 10 – Rota 10 Parte 1

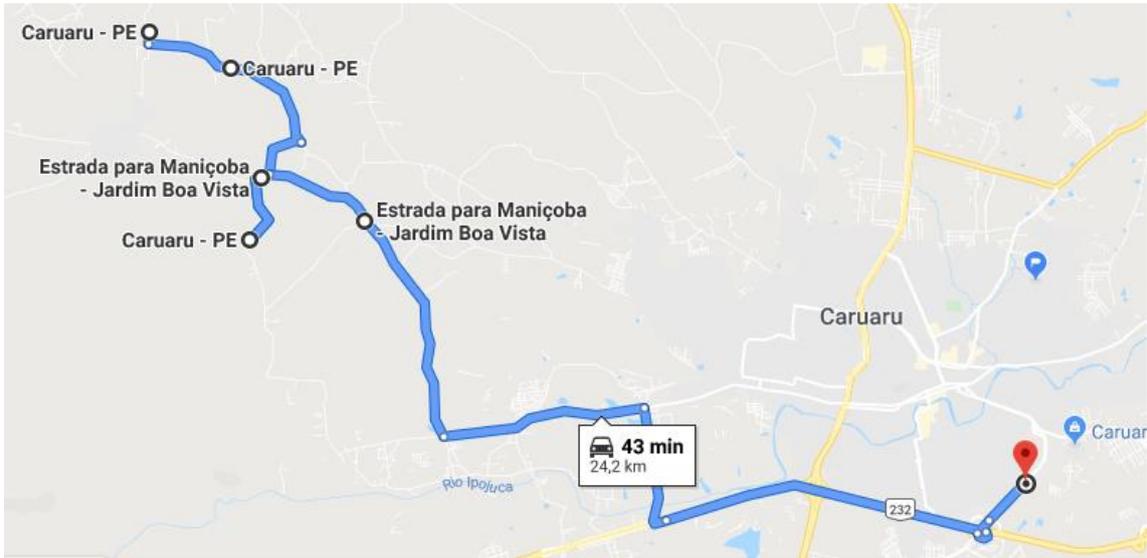


Figura 11 – Rota 10 Parte 2

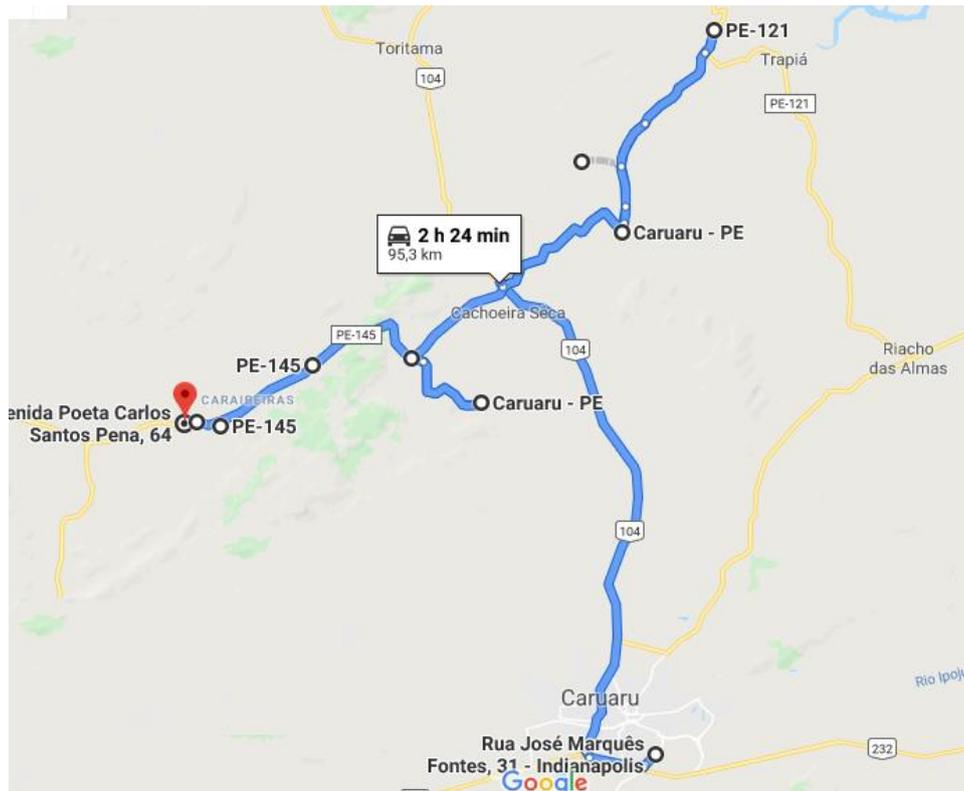
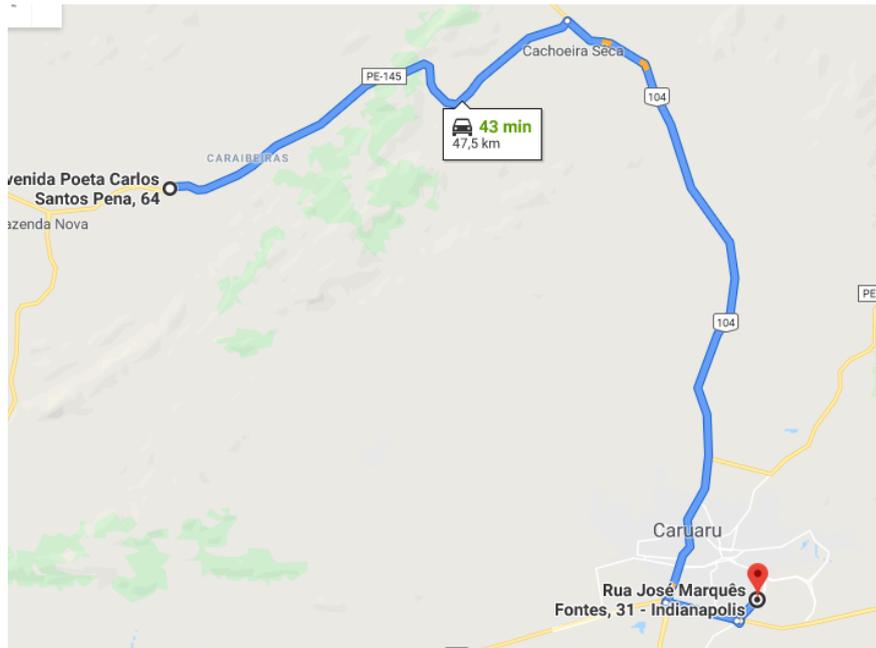
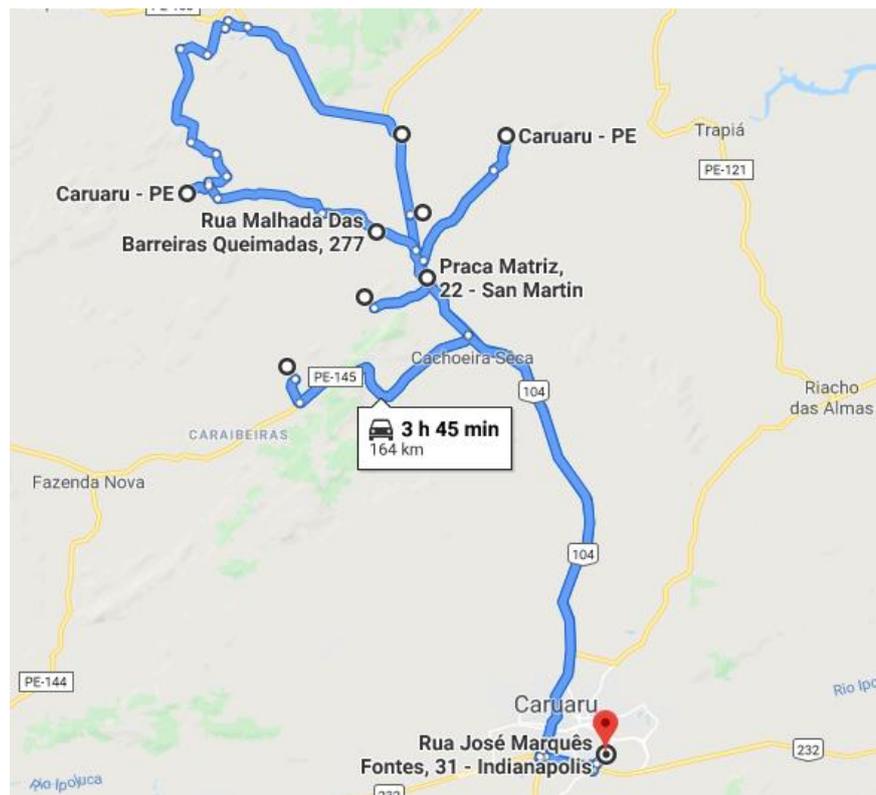


Figura 12 – Rota 11 Parte 1



*Figura 13 – Rota 11 Parte 2*



*Figura 14 – Rota 12*

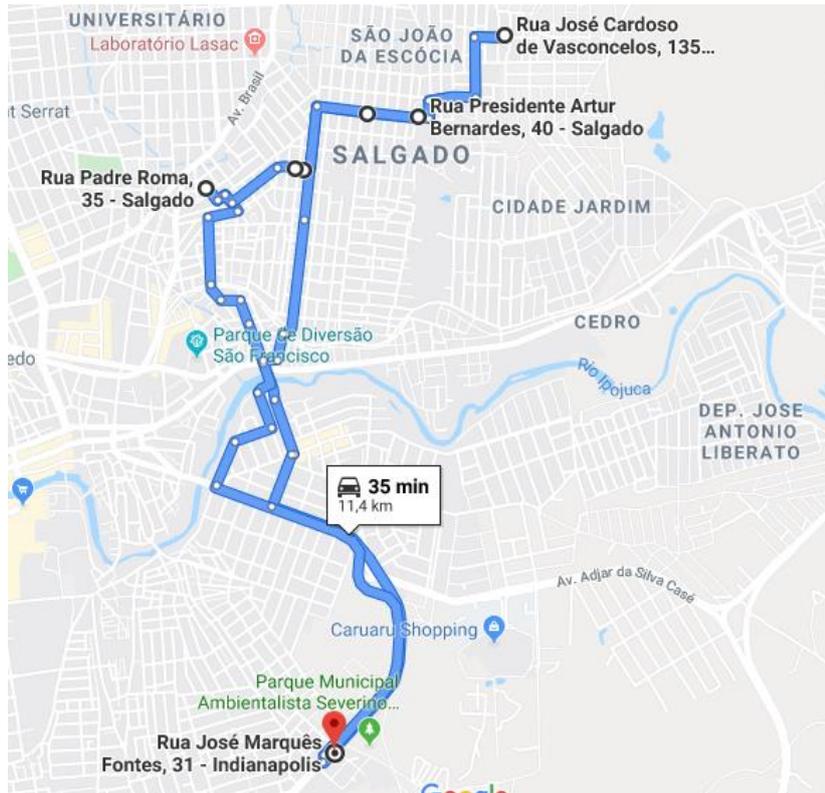


Figura 15 – Rota 13

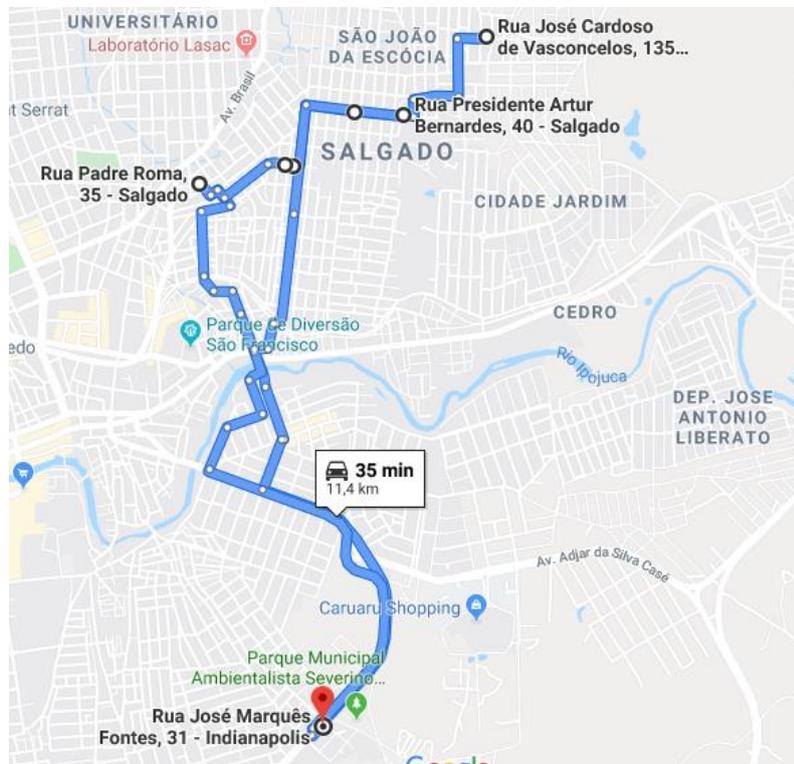


Figura 16 – Rota 14

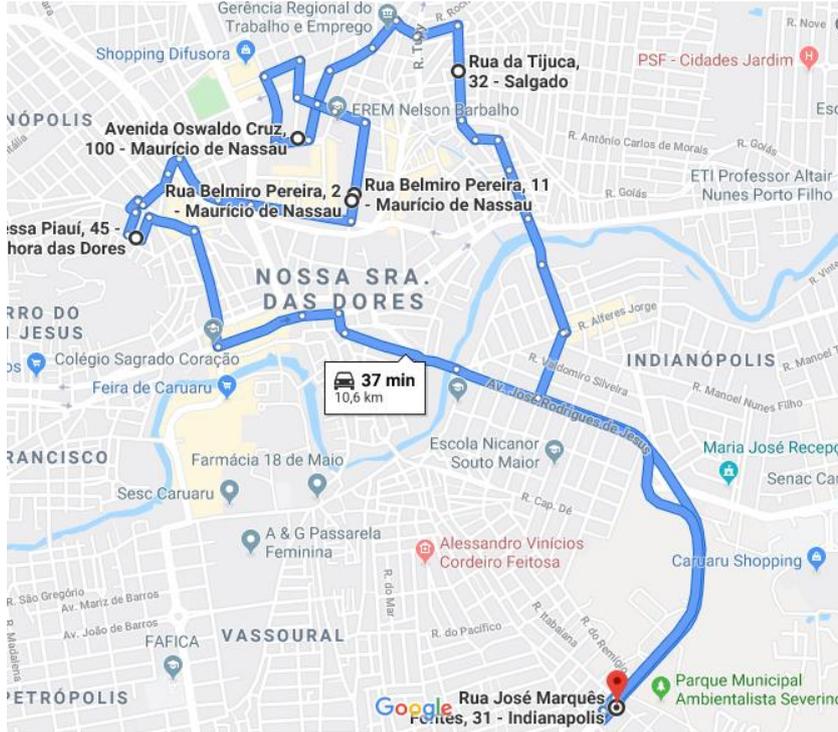


Figura 17 – Rota 15

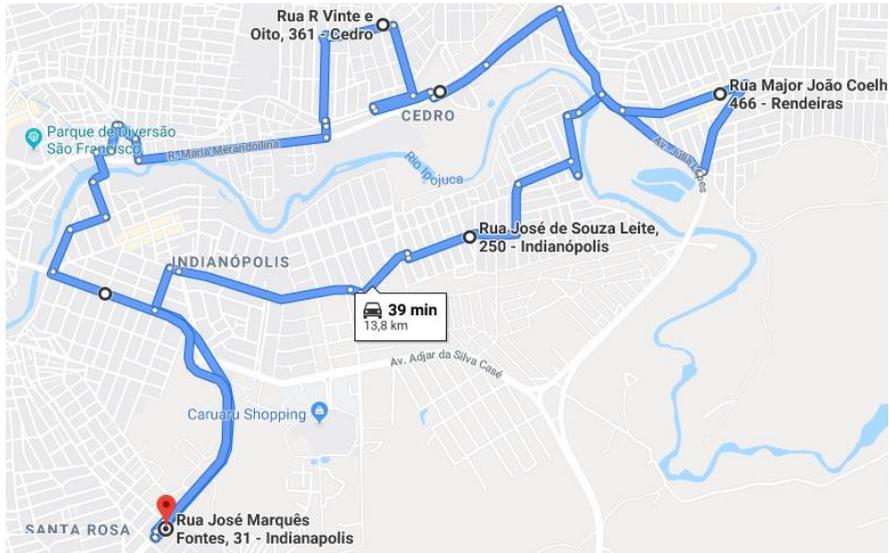


Figura 18 – Rota 16

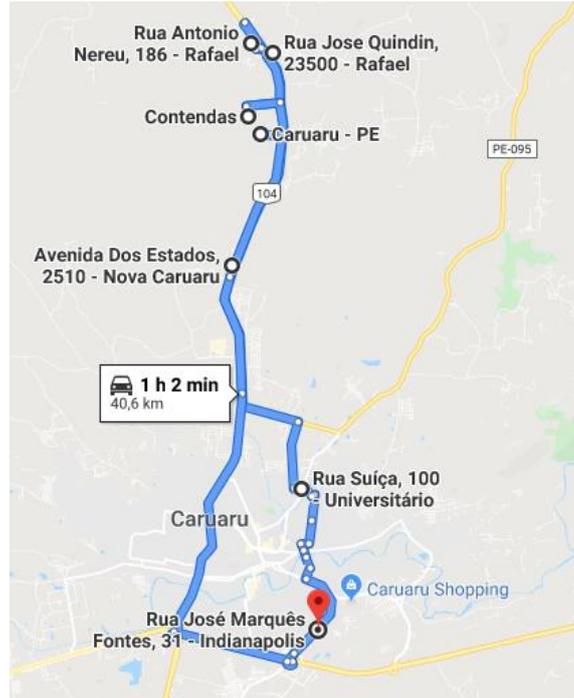


Figura 19 – Rota 17

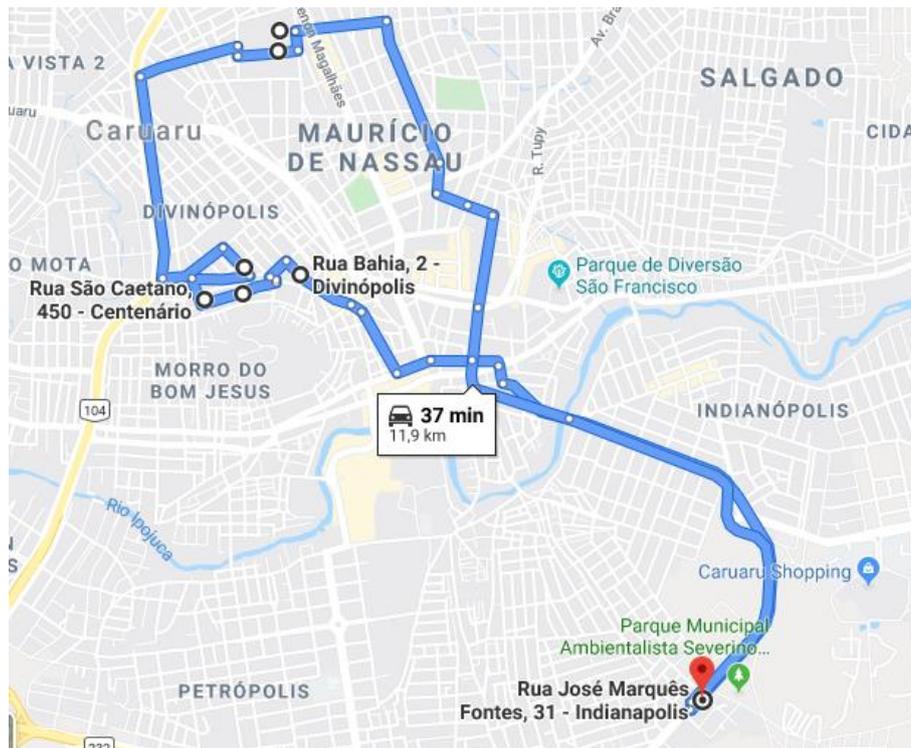
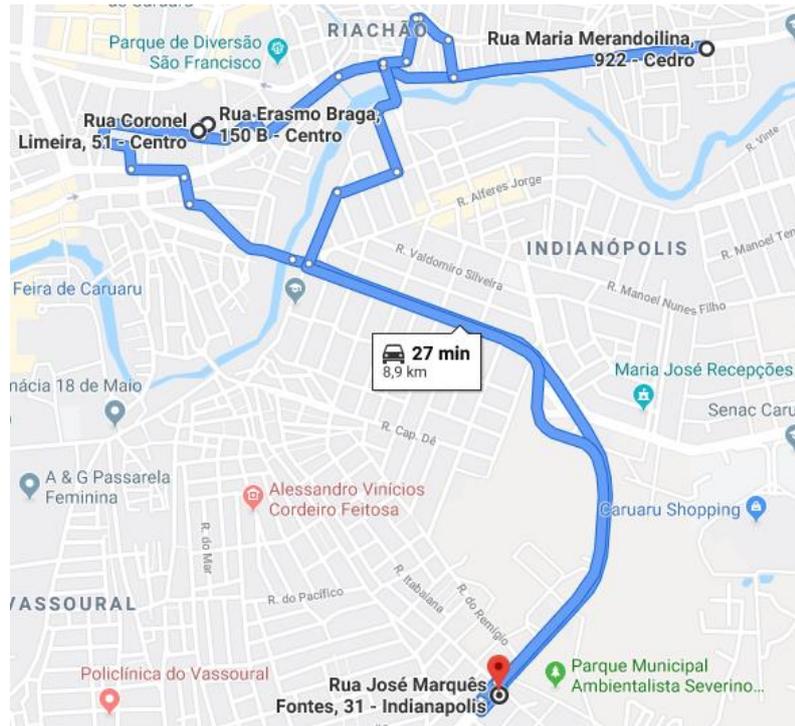
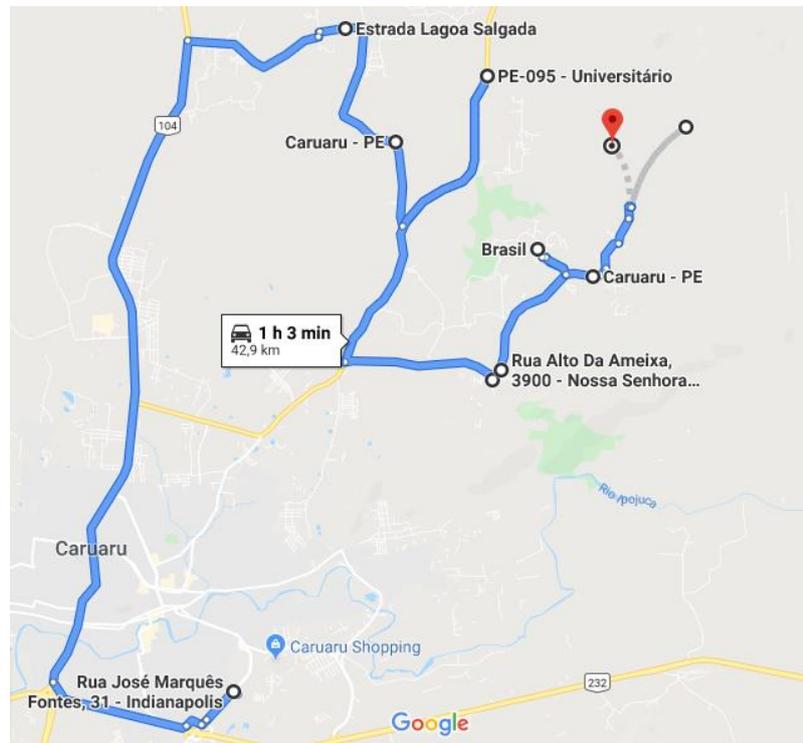


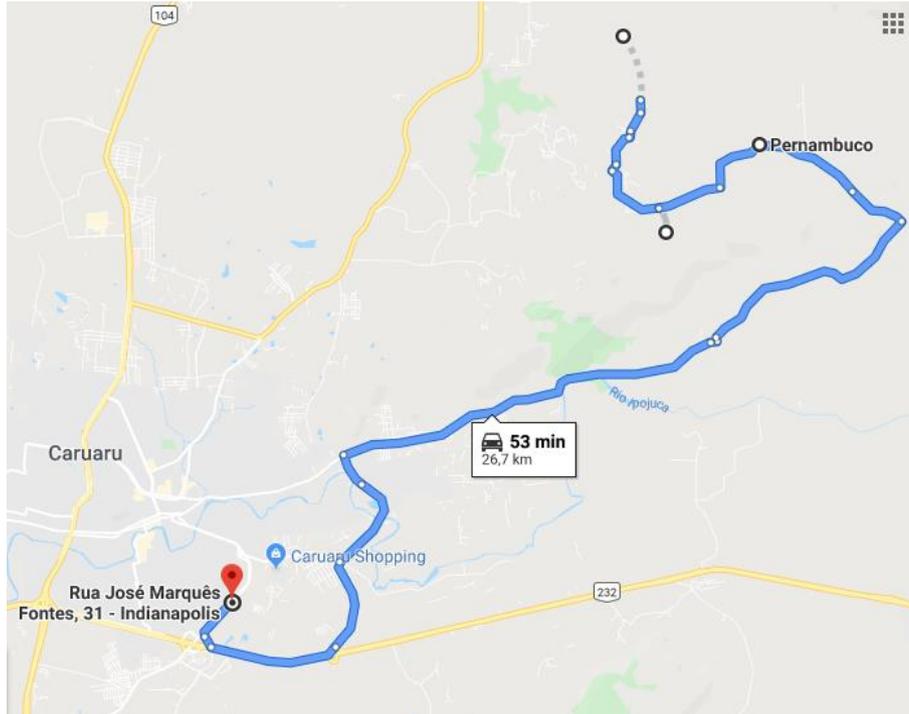
Figura 20 – Rota 18



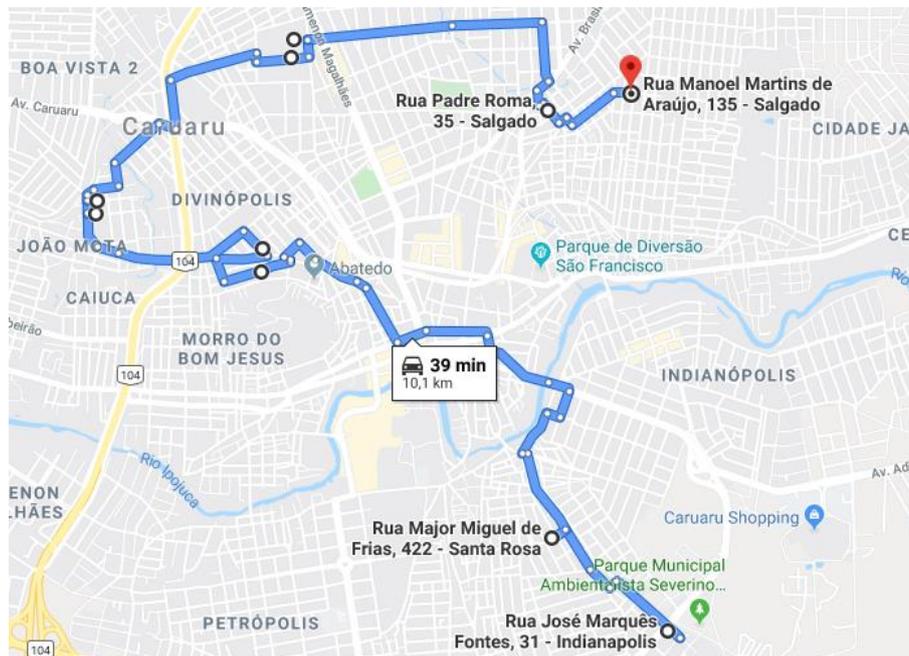
*Figura 21 – Rota 19*



*Figura 22 – Rota 20 Parte 1*



*Figura 23 – Rota 20 Parte 2*



*Figura 24 – Rota 21 Parte 1*

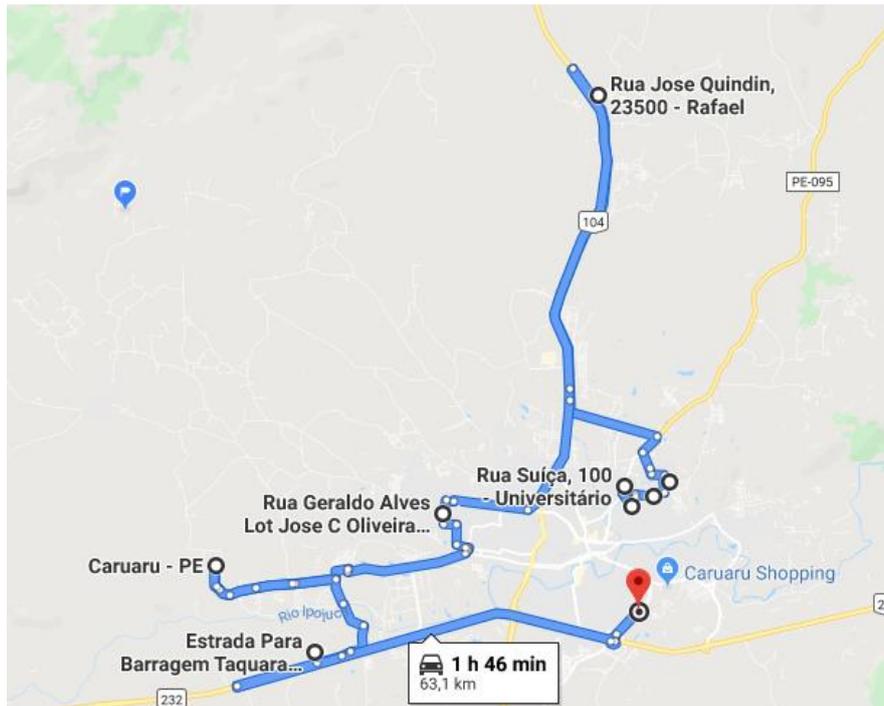


Figura 25 – Rota 21 Parte 2

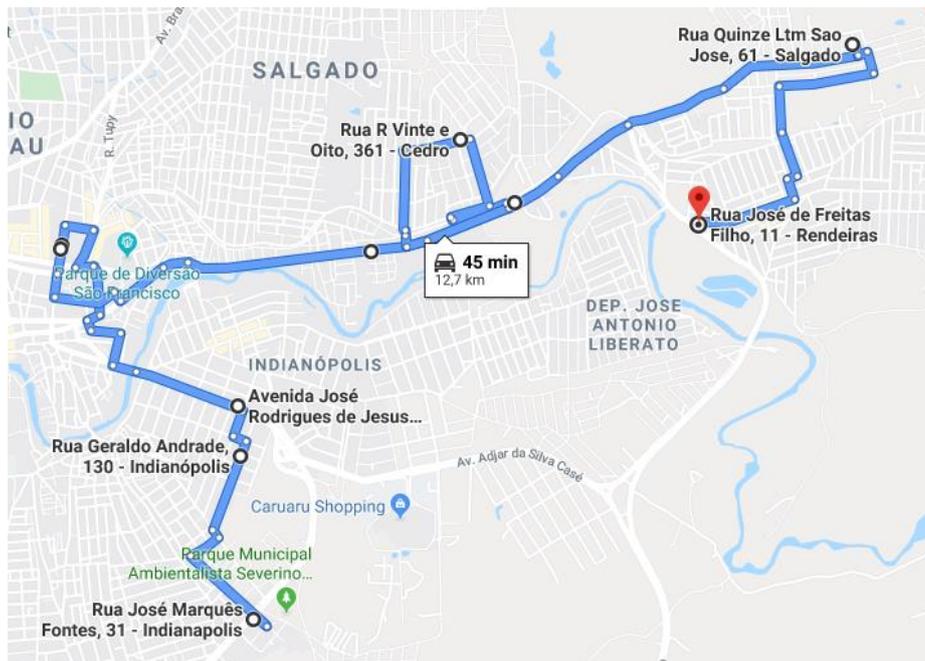


Figura 26 – Rota 22 Parte 1



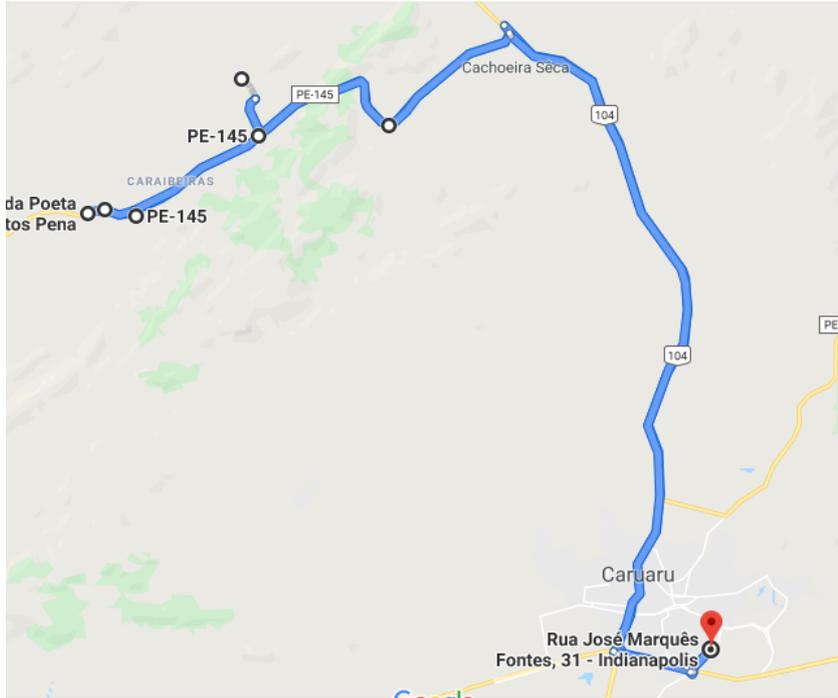


Figura 29 – Rota 24

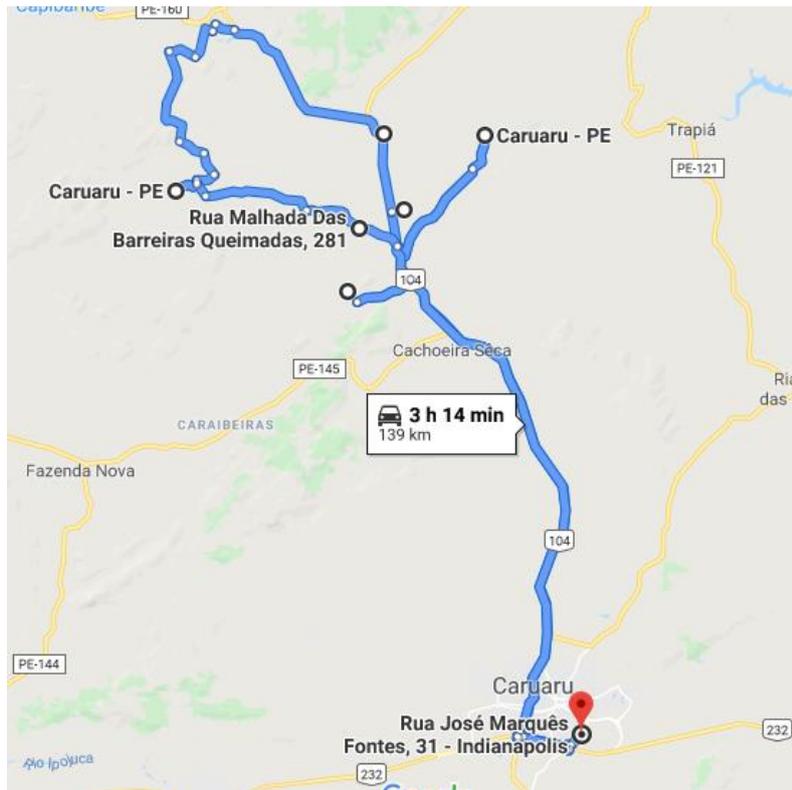


Figura 30 – Rota 25

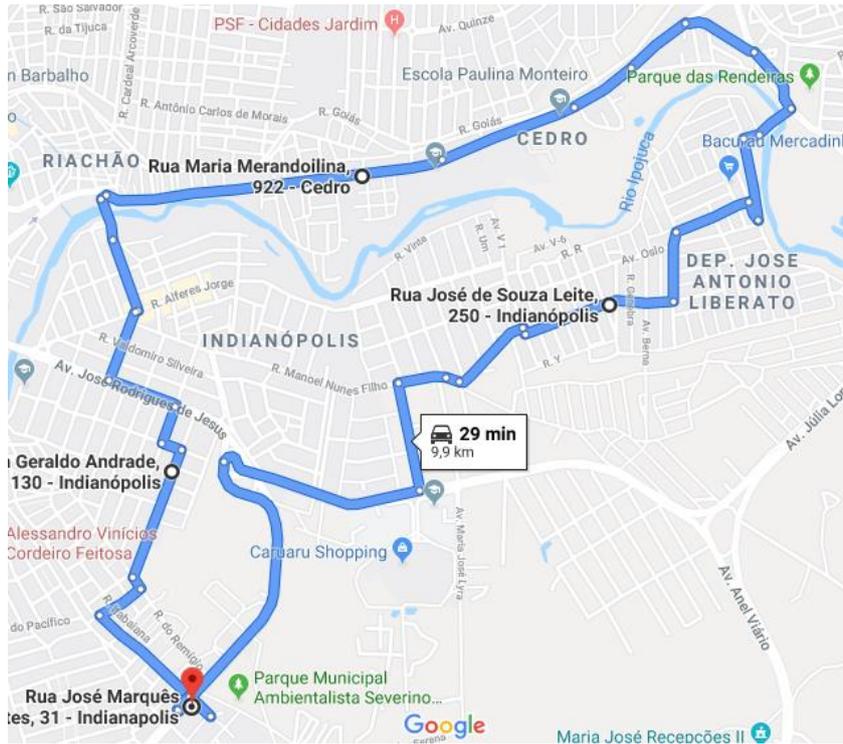


Figura 31 – Rota 26

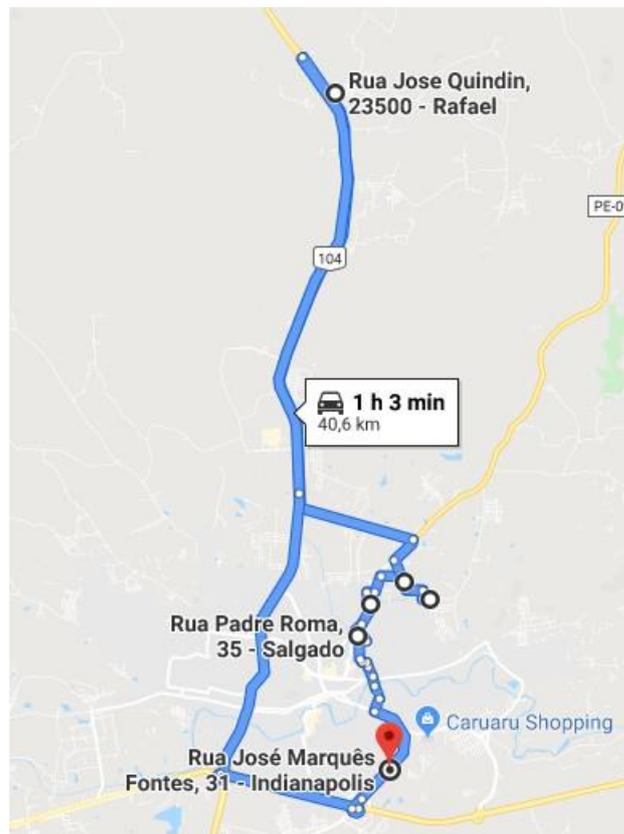


Figura 32 – Rota 27

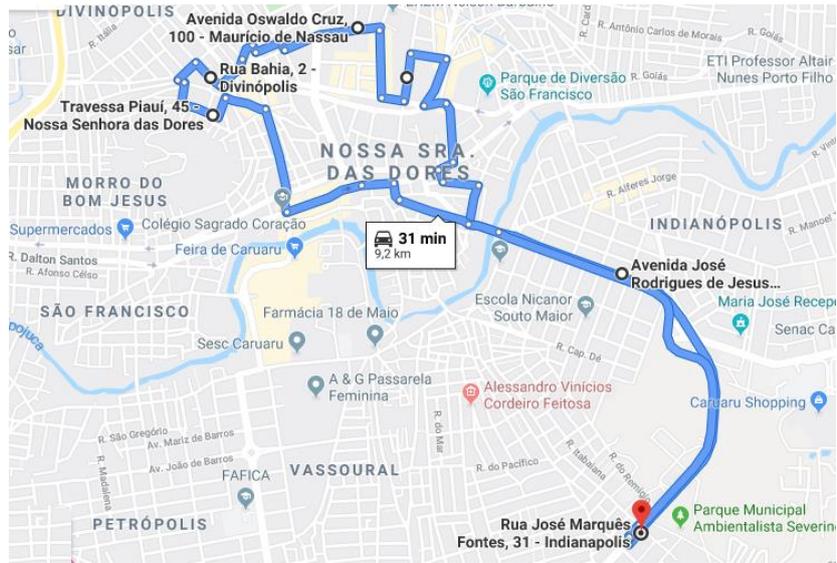


Figura 33 – Rota 28



Figura 34 – Rota 29

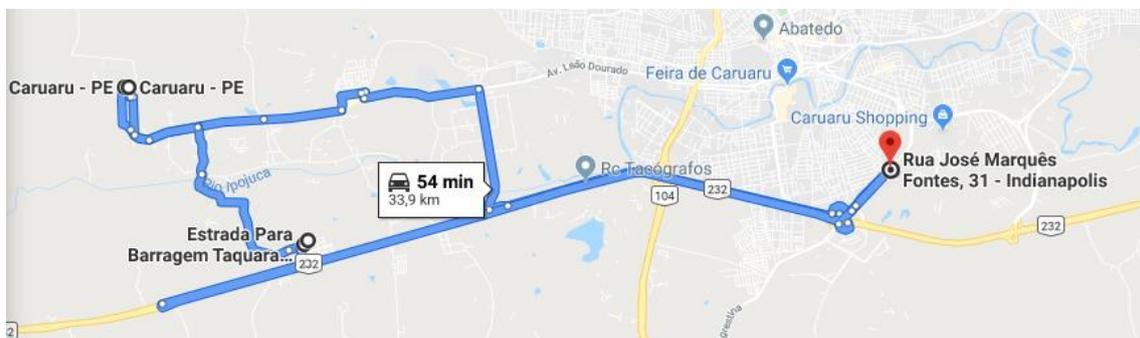


Figura 35 – Rota 30

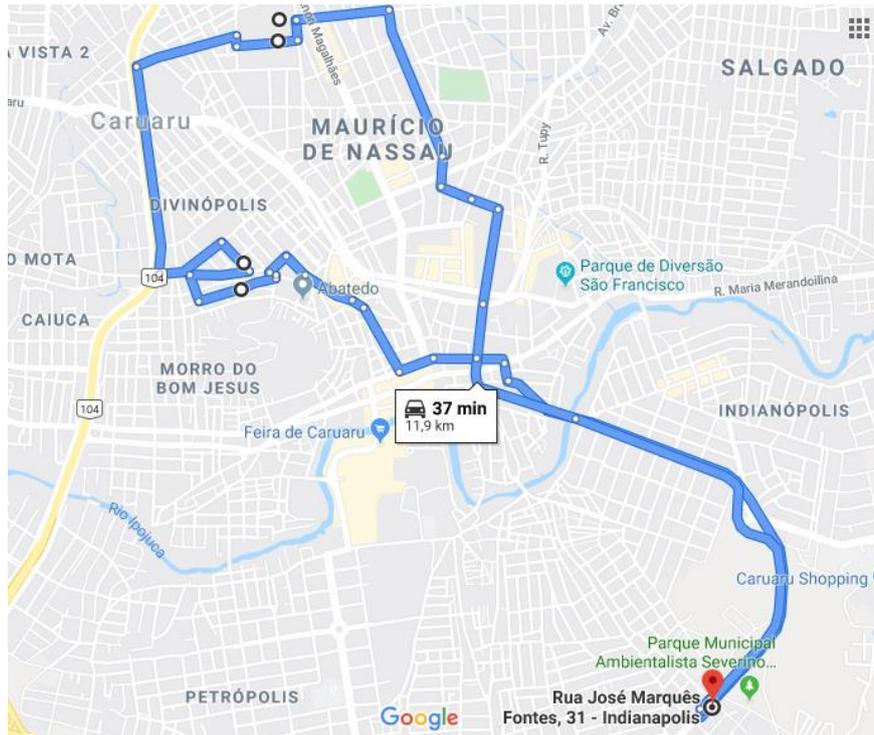


Figura 36 – Rota 31

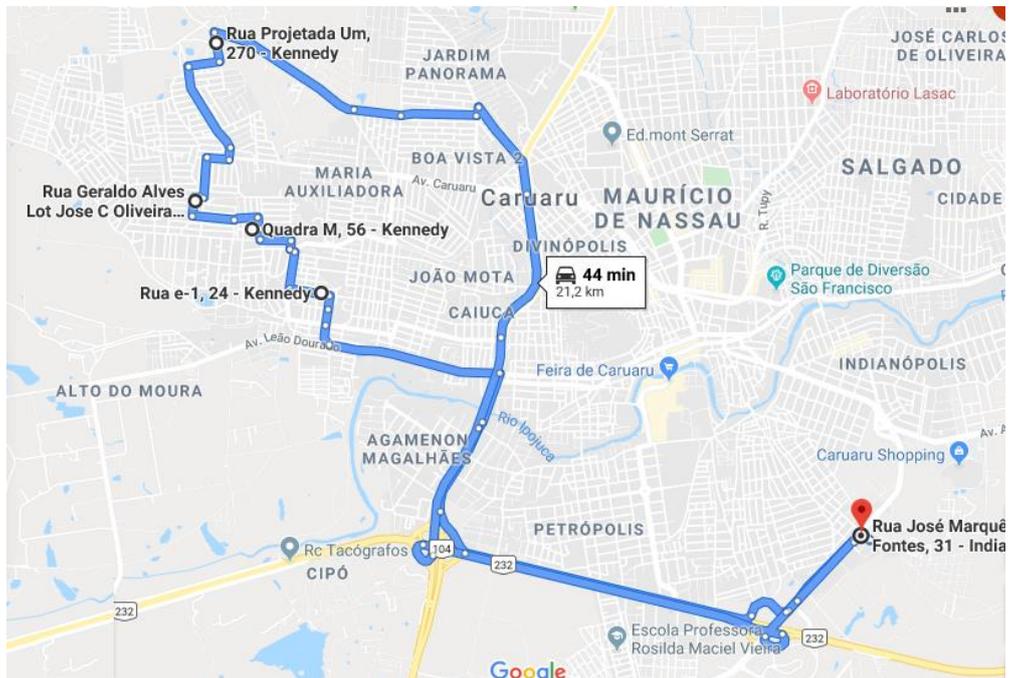


Figura 37 – Rota 32



Figura 38 – Rota 33

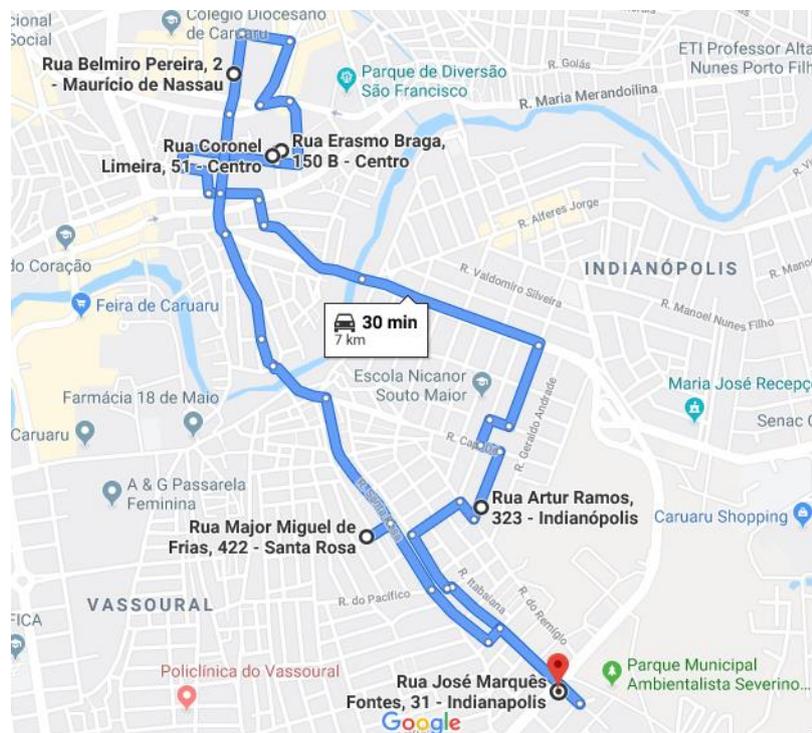


Figura 39 – Rota 34

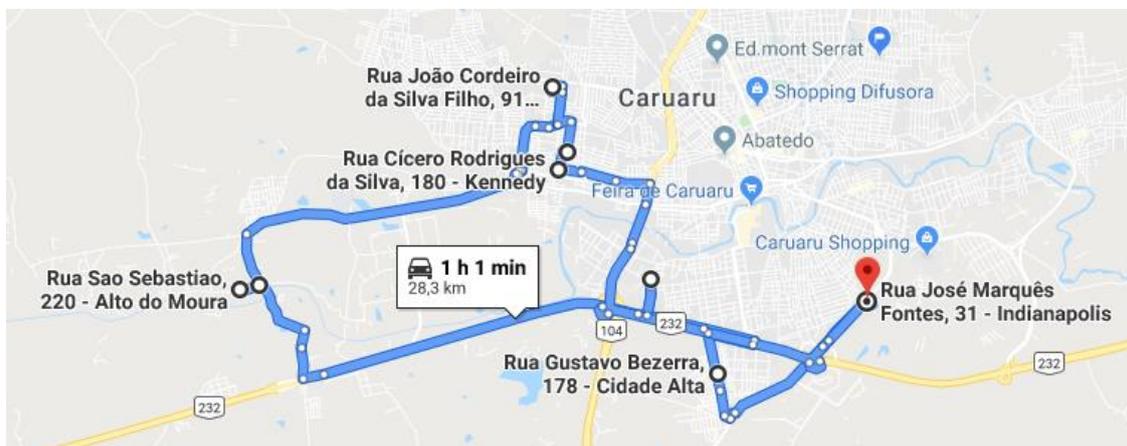


Figura 40 – Rota 35

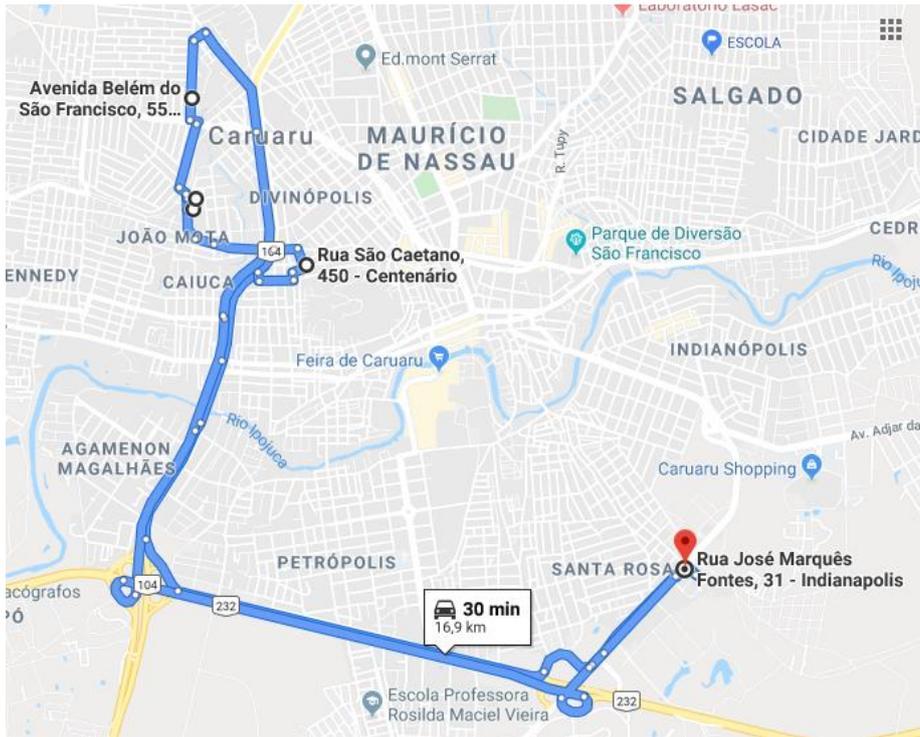


Figura 41 – Rota 36

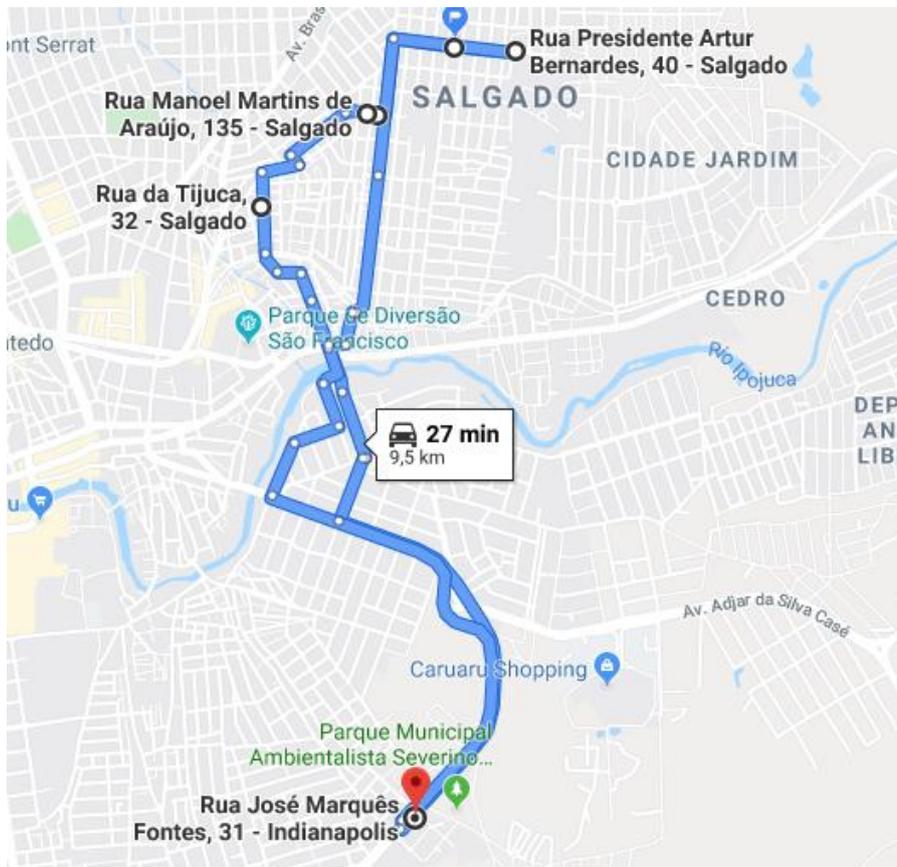


Figura 42 – Rota 37

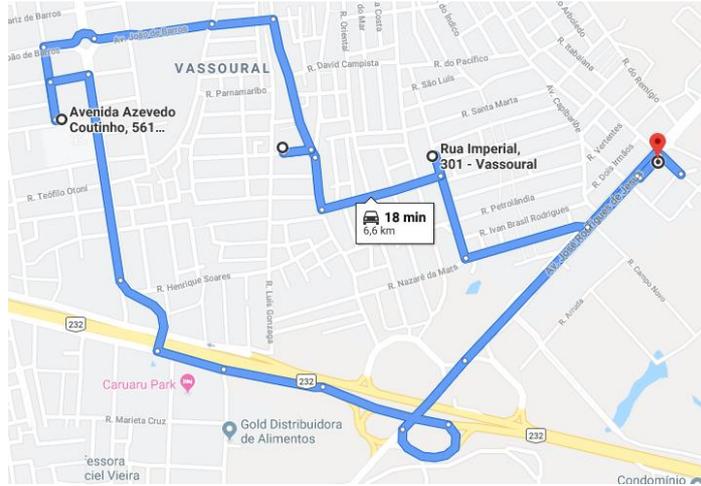


Figura 43 – Rota 38

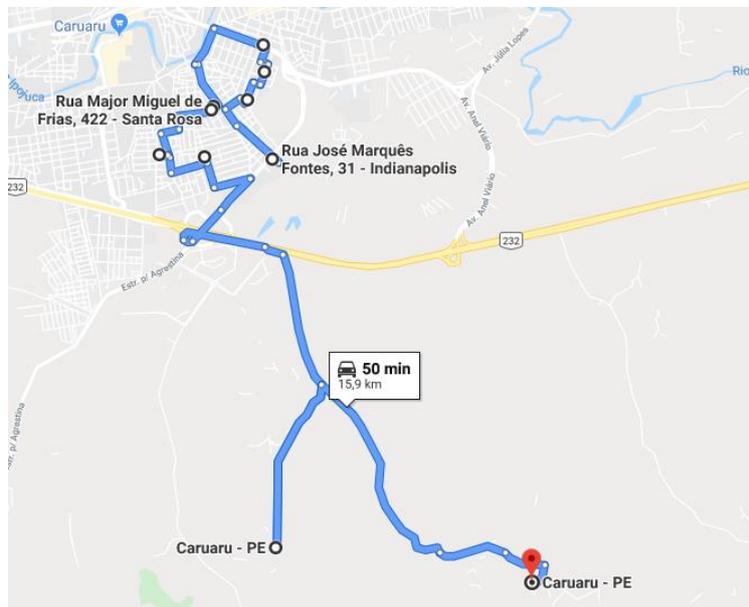


Figura 44 – Rota 39 Parte 1

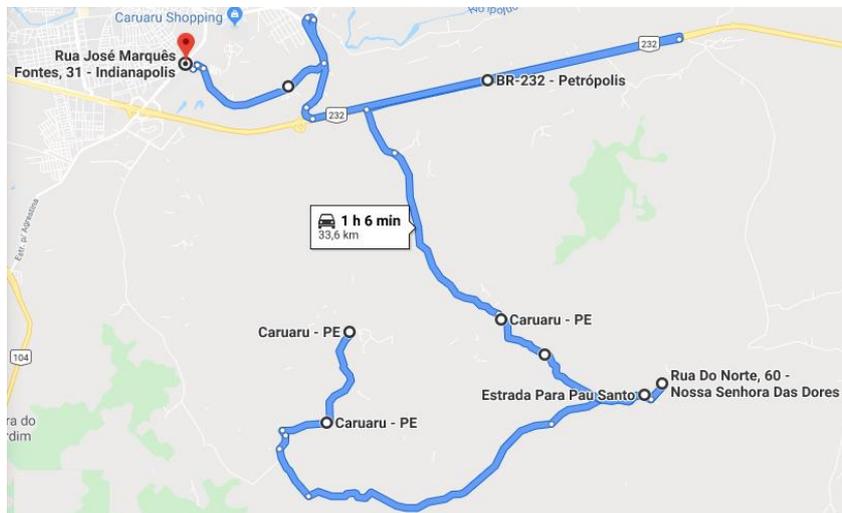


Figura 45 – Rota 39 Parte 2

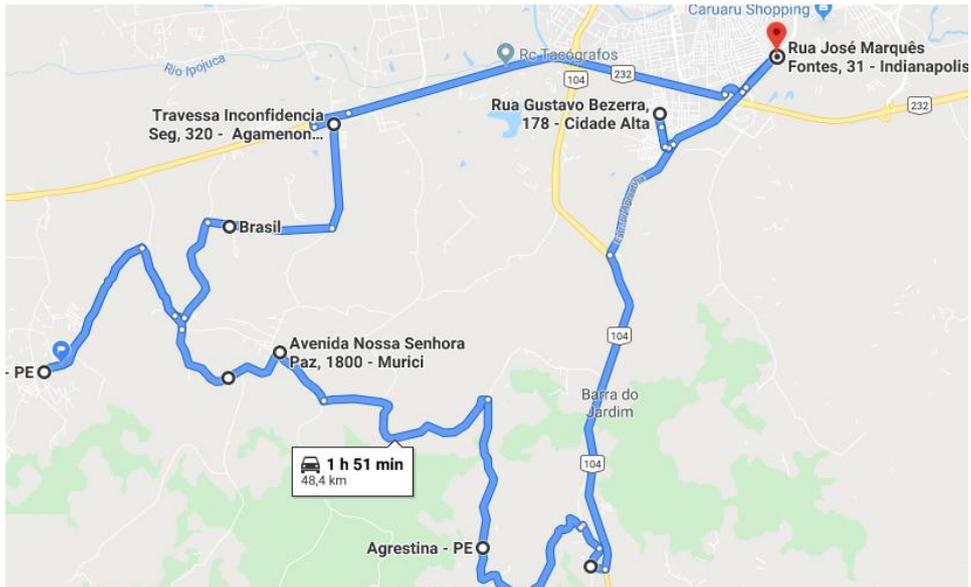


Figura 46 – Rota 40

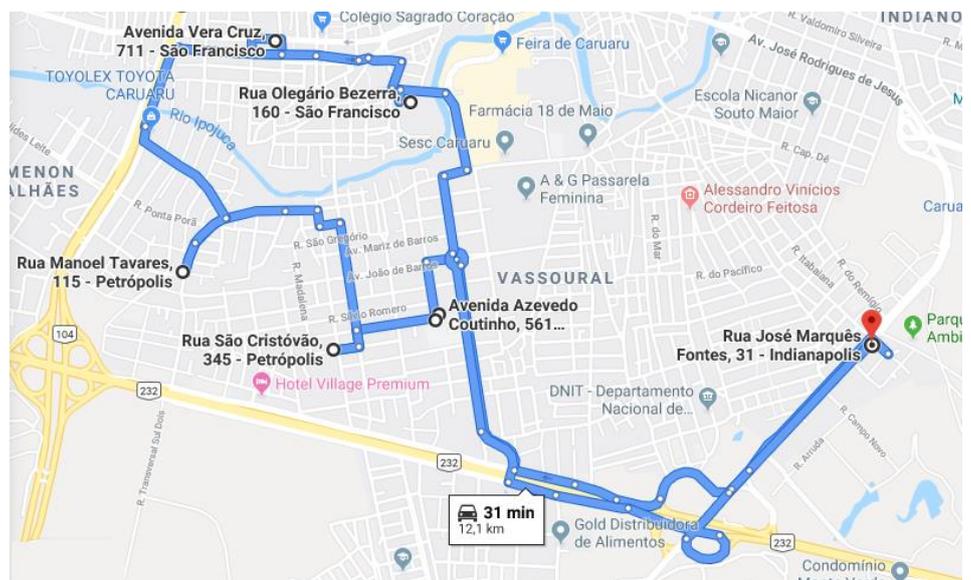


Figura 47 – Rota 41

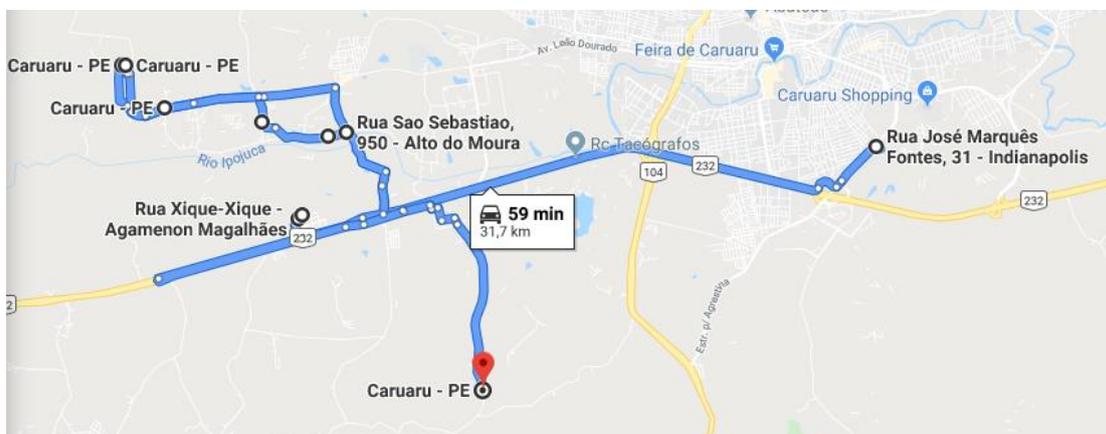


Figura 48 – Rota 42 Parte 1

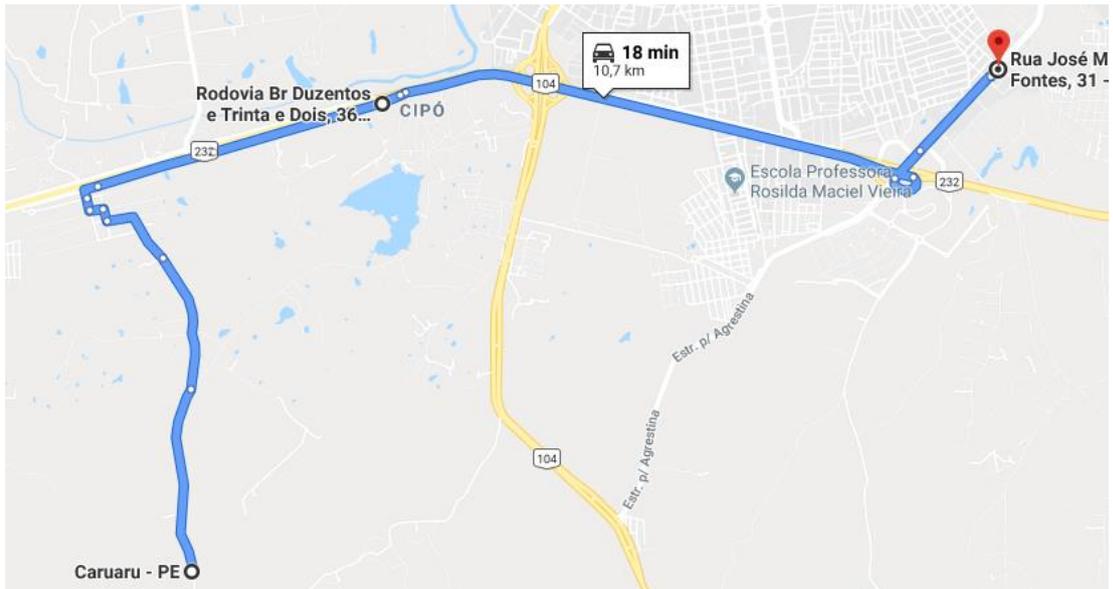


Figura 49 – Rota 42 – Parte 2

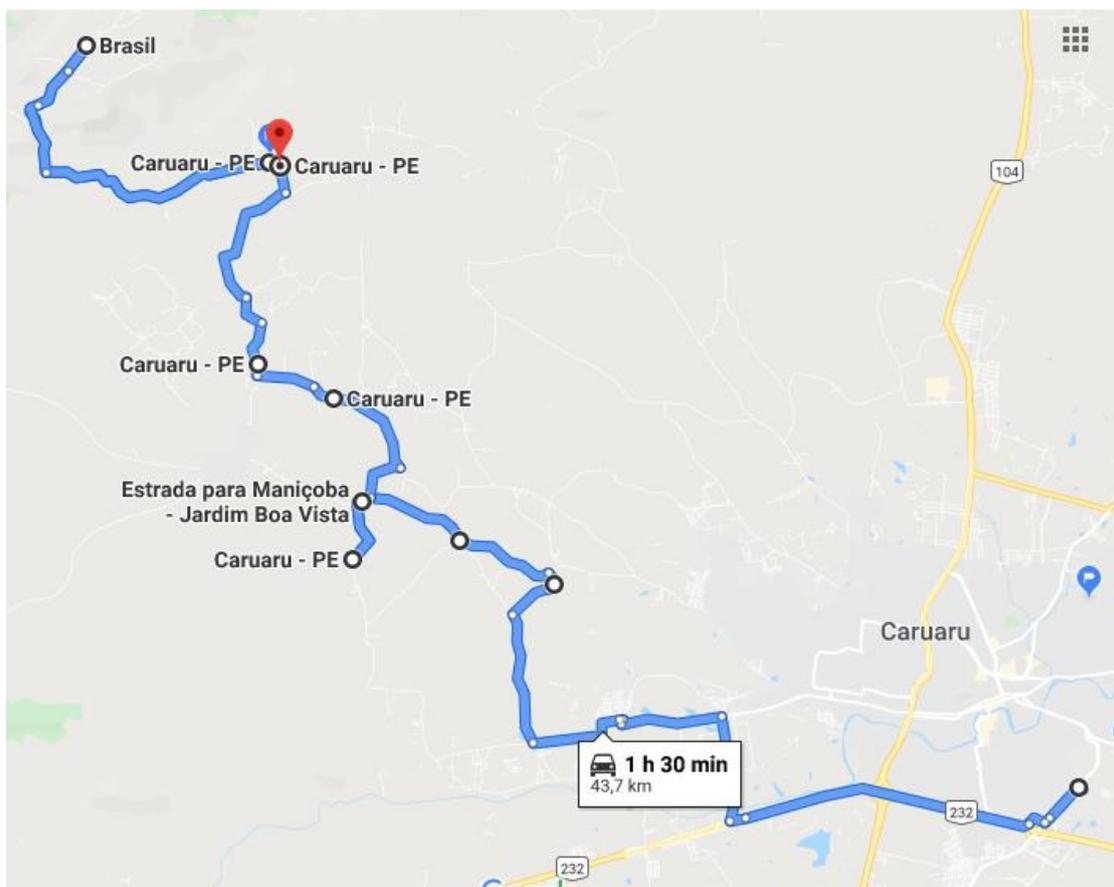
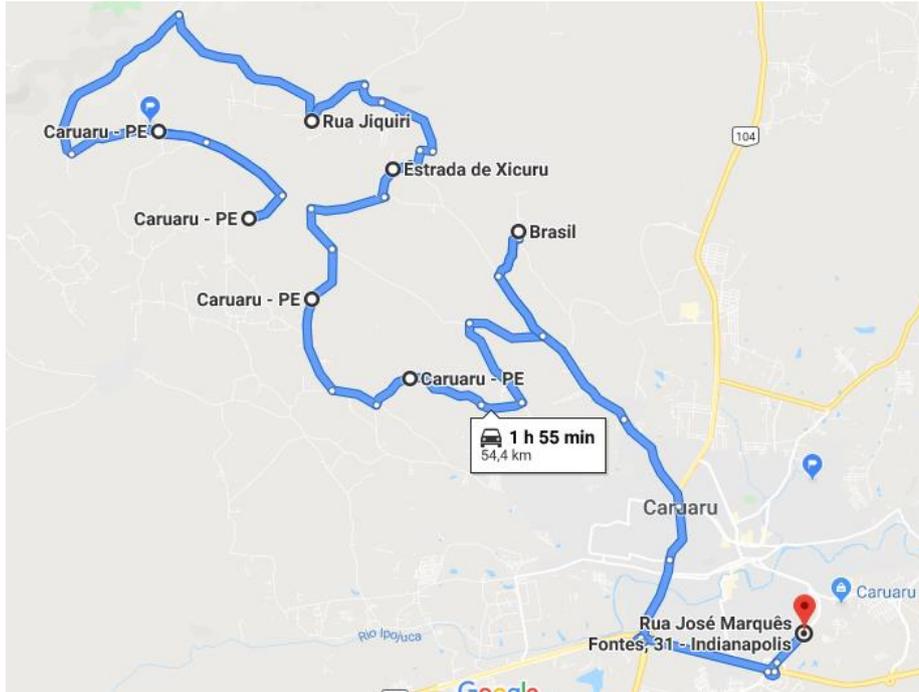
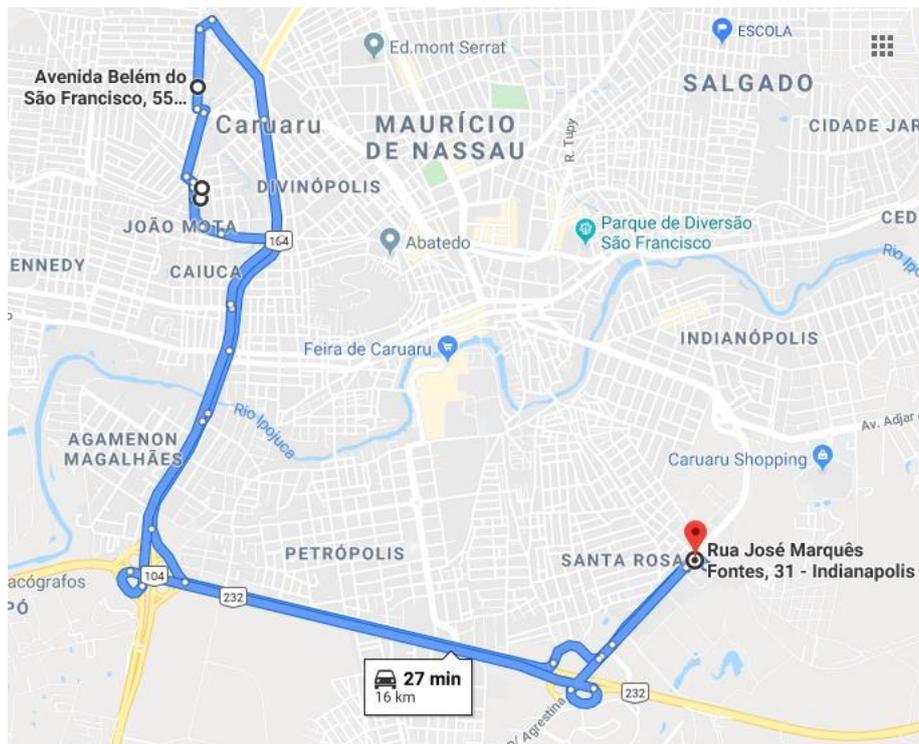


Figura 50 – Rota 43 Parte 1



*Figura 51 – Rota 43 Parte 2*



*Figura 52 – Rota 44*

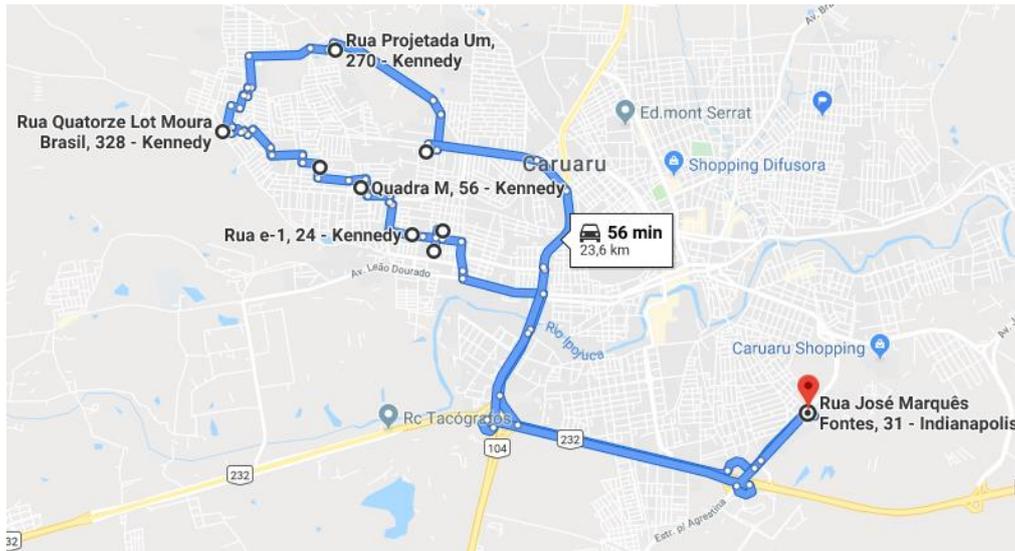


Figura 53 – Rota 45

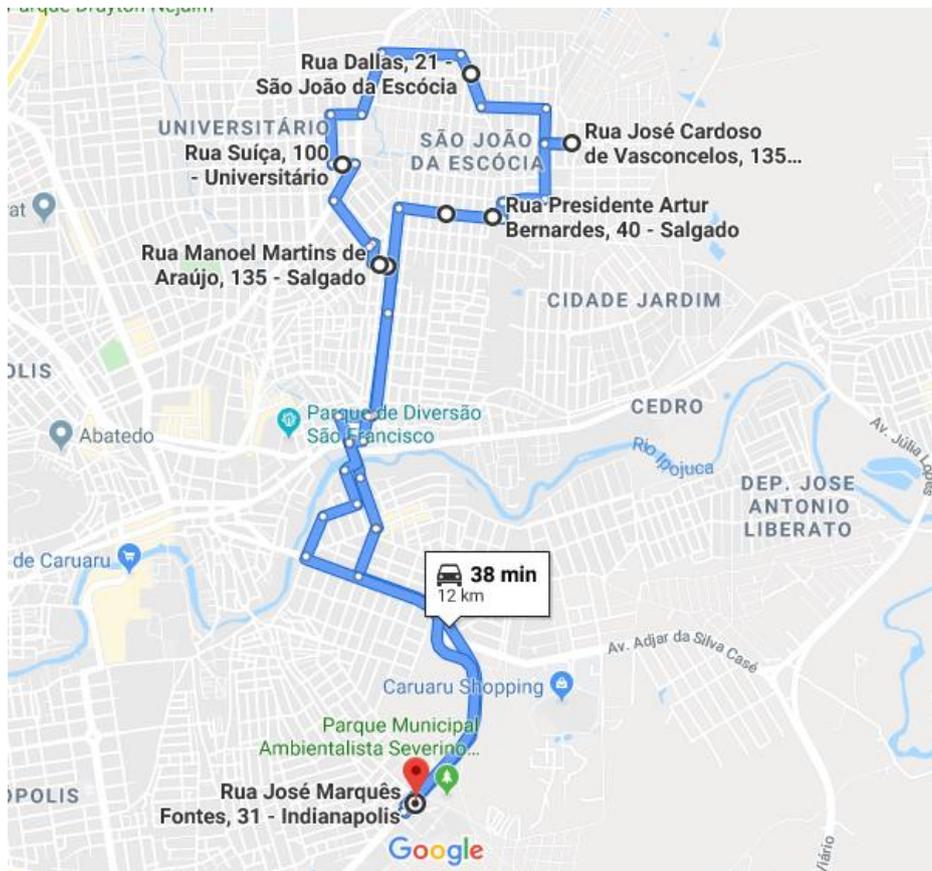


Figura 54 – Rota 46

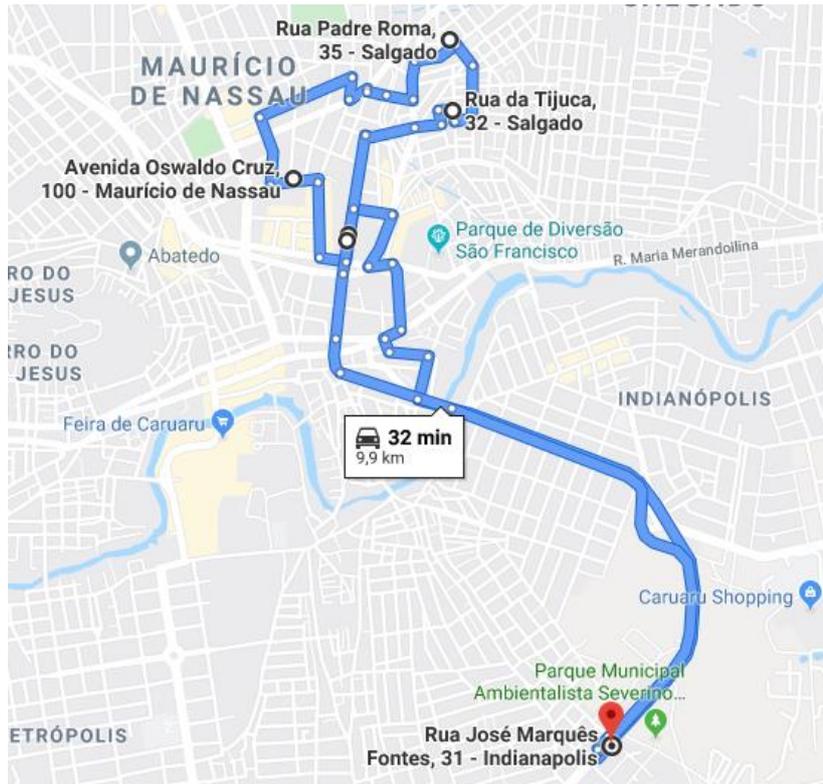


Figura 55 – Rota 47

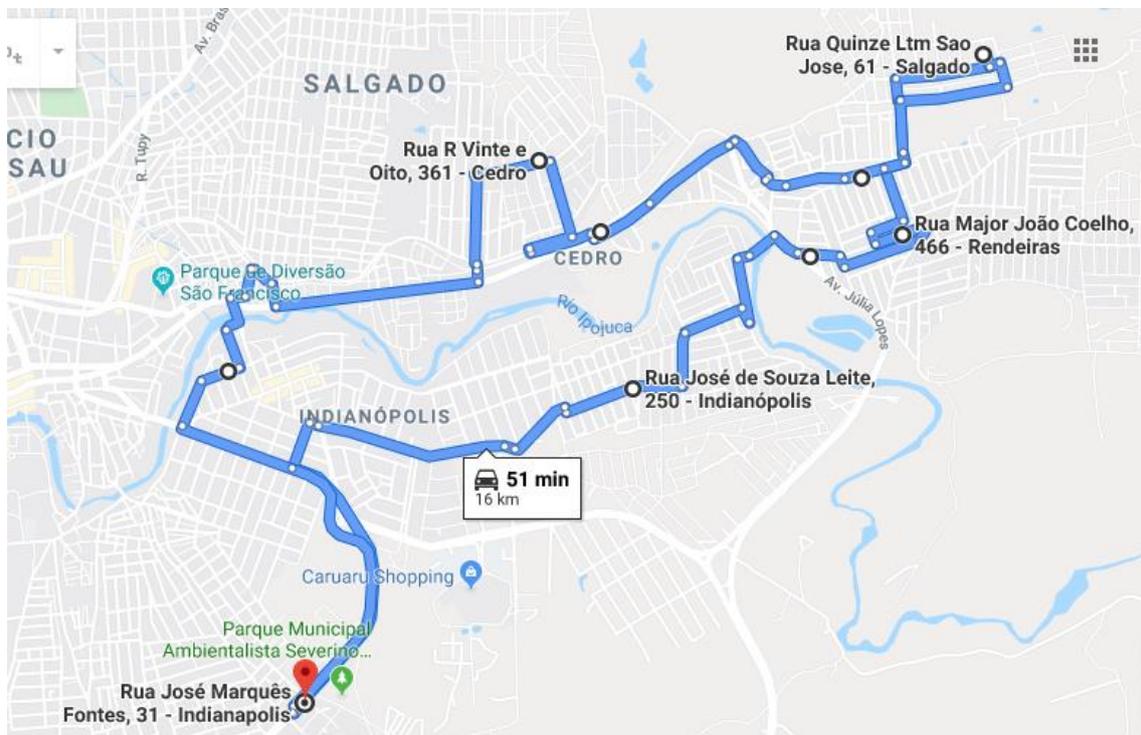


Figura 56 – Rota 48

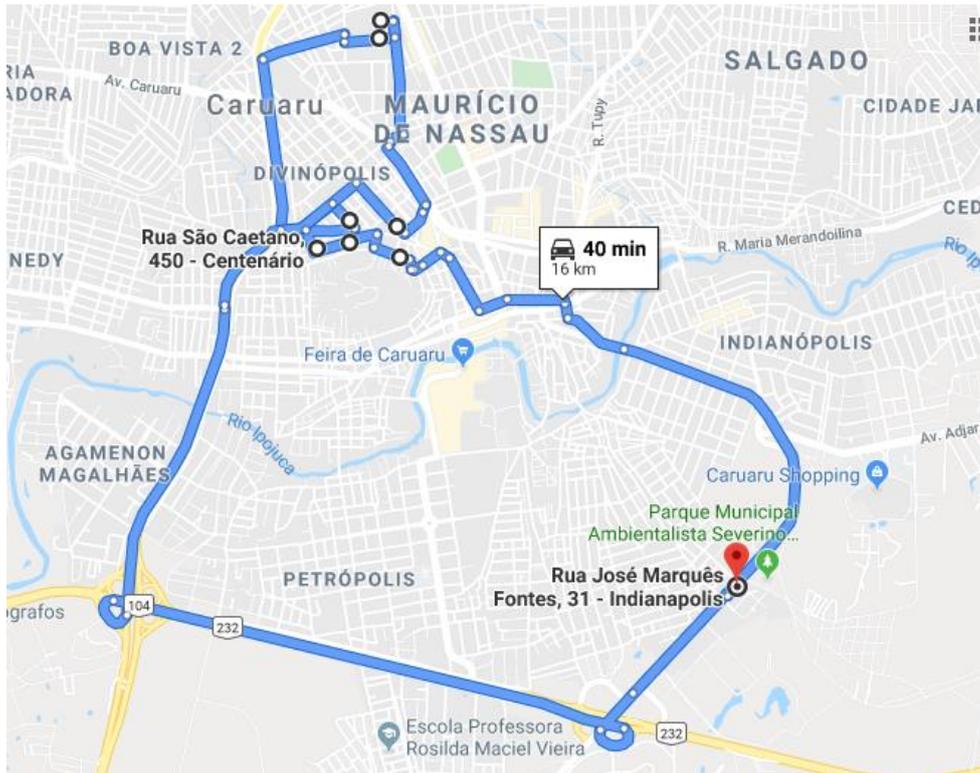


Figura 57 – Rota 49

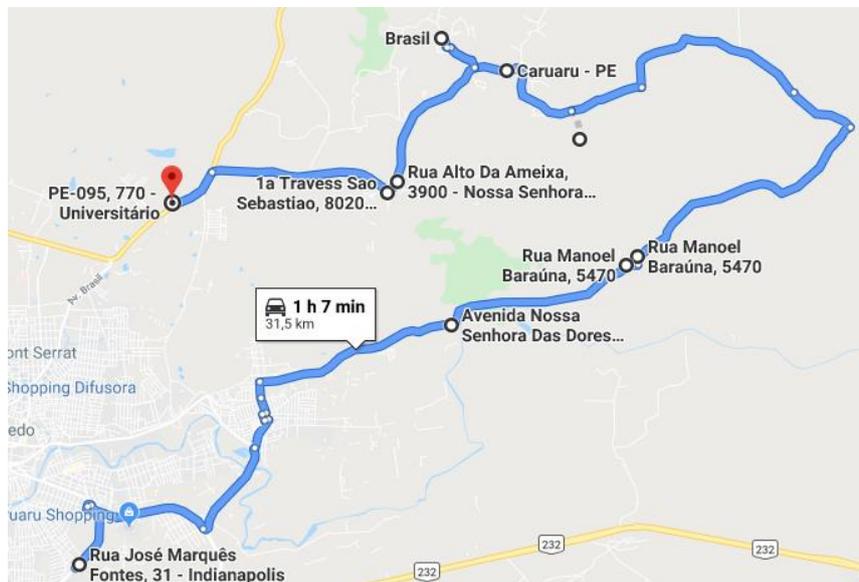


Figura 58 – Rota 50 Parte 1

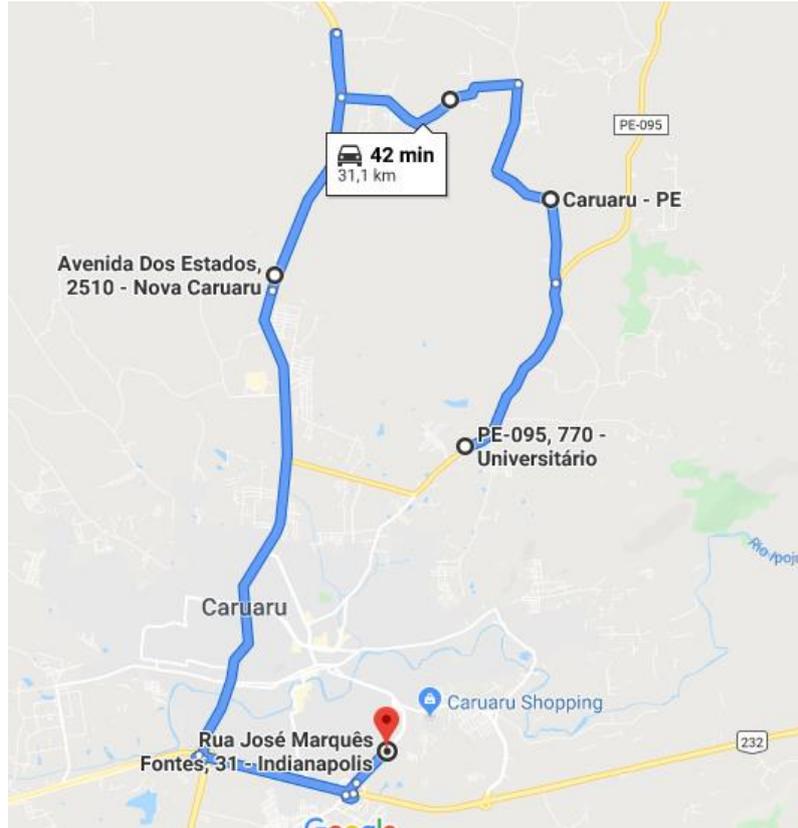


Figura 59 – Rota 50 Parte 2

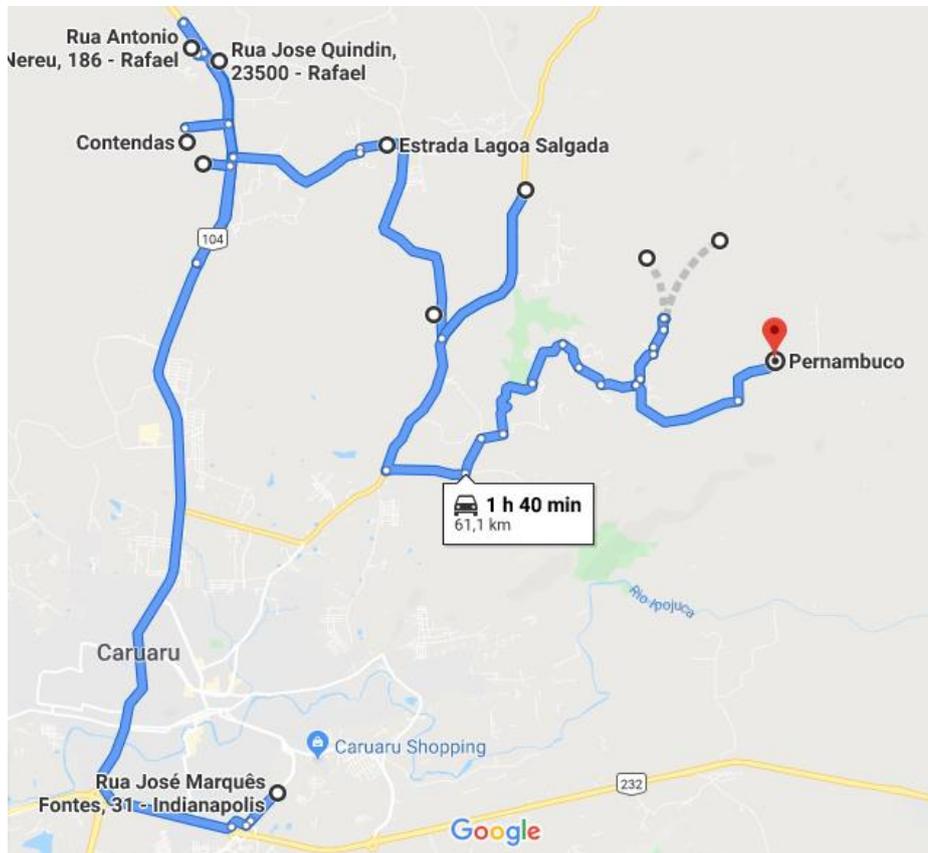
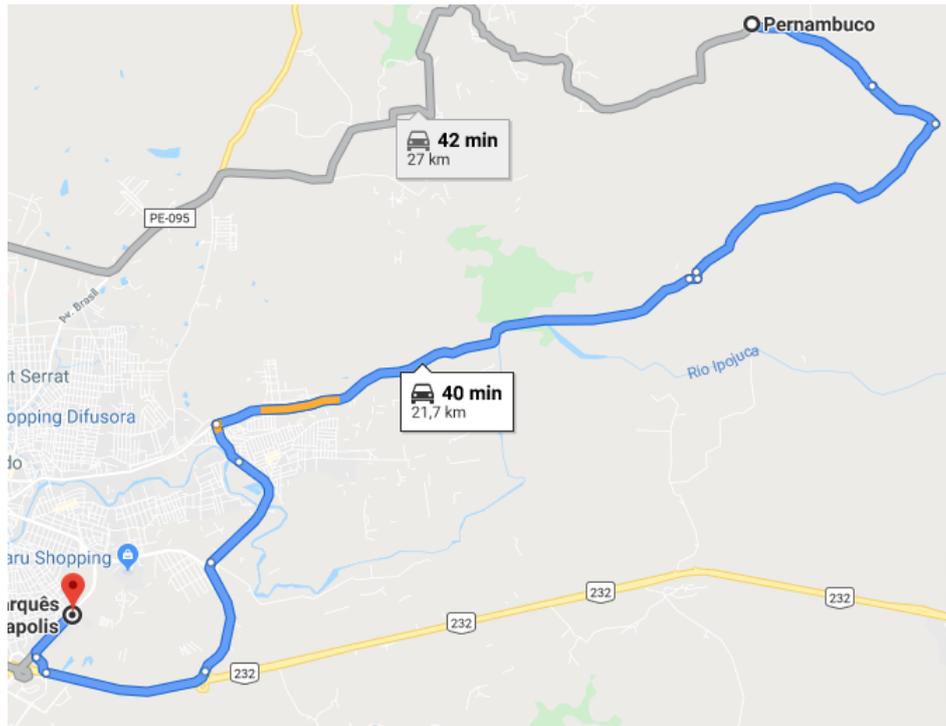
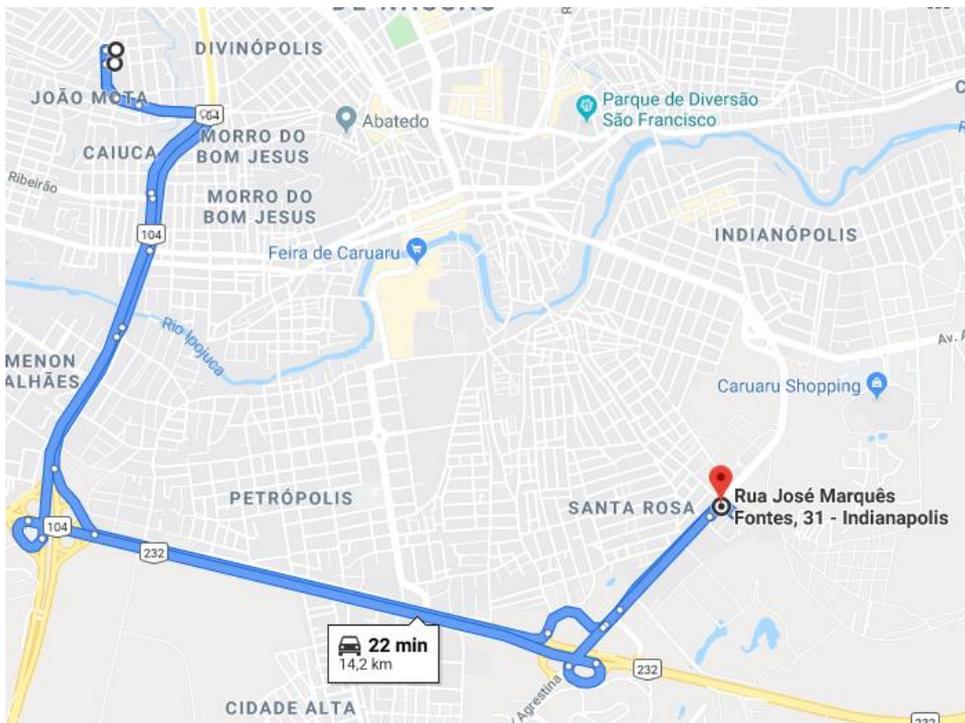


Figura 60 – Rota 51 Parte 1



*Figura 61 – Rota 51 Parte 2*



*Figura 62 – Rota 52*

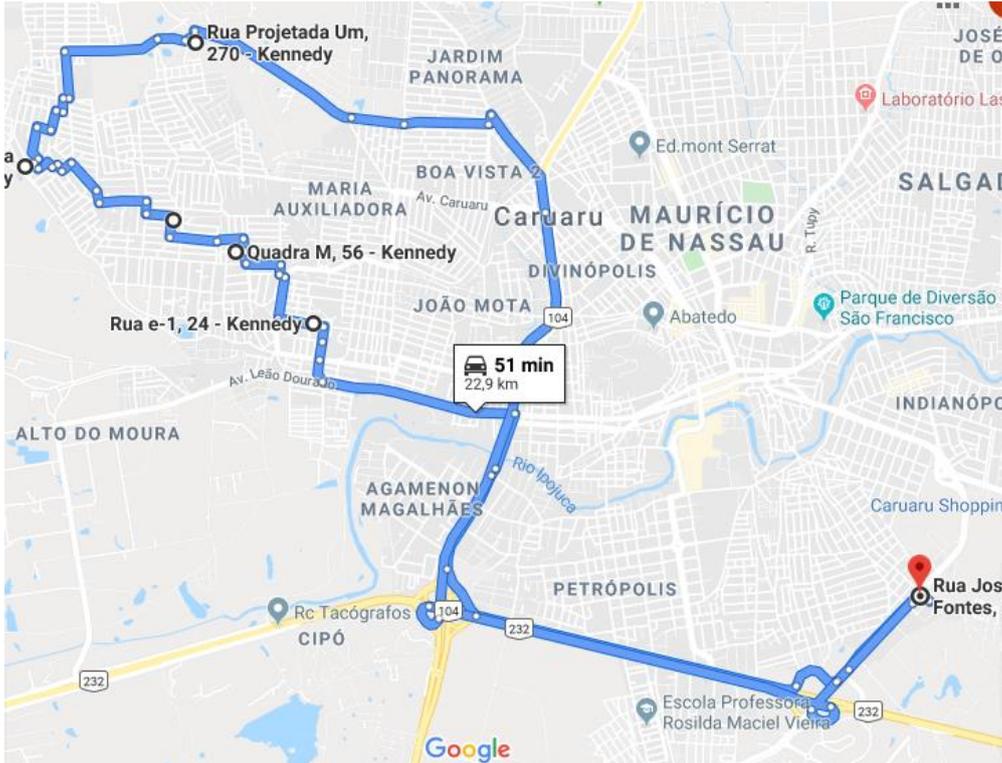


Figura 63 – Rota 53

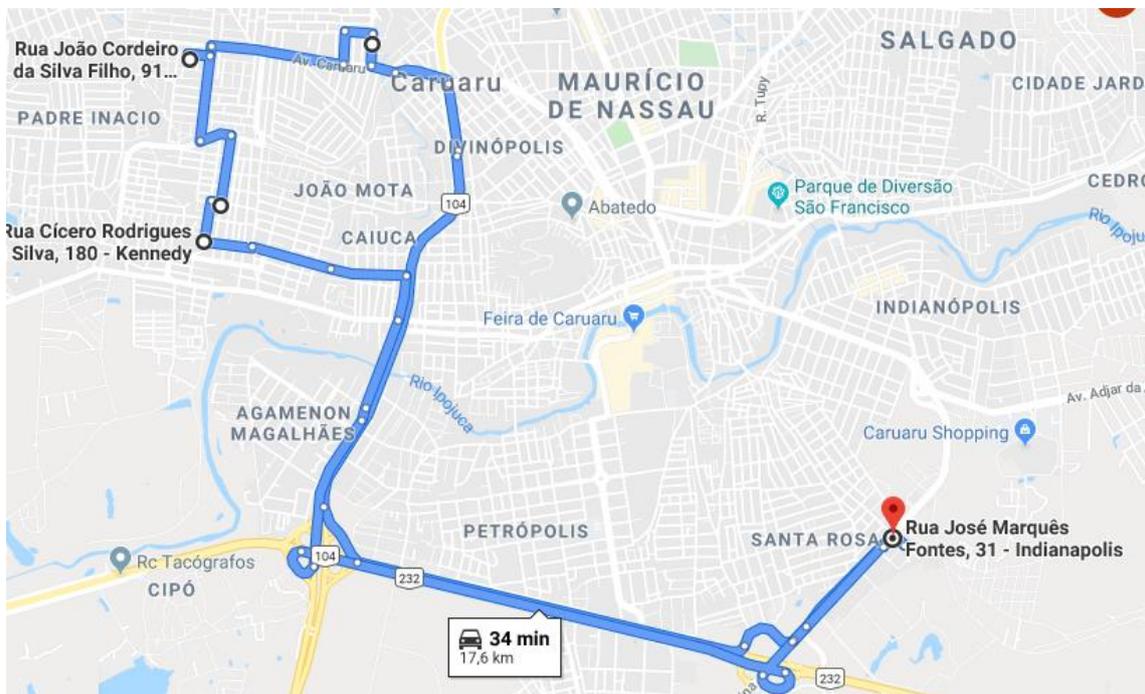


Figura 64 – Rota 54

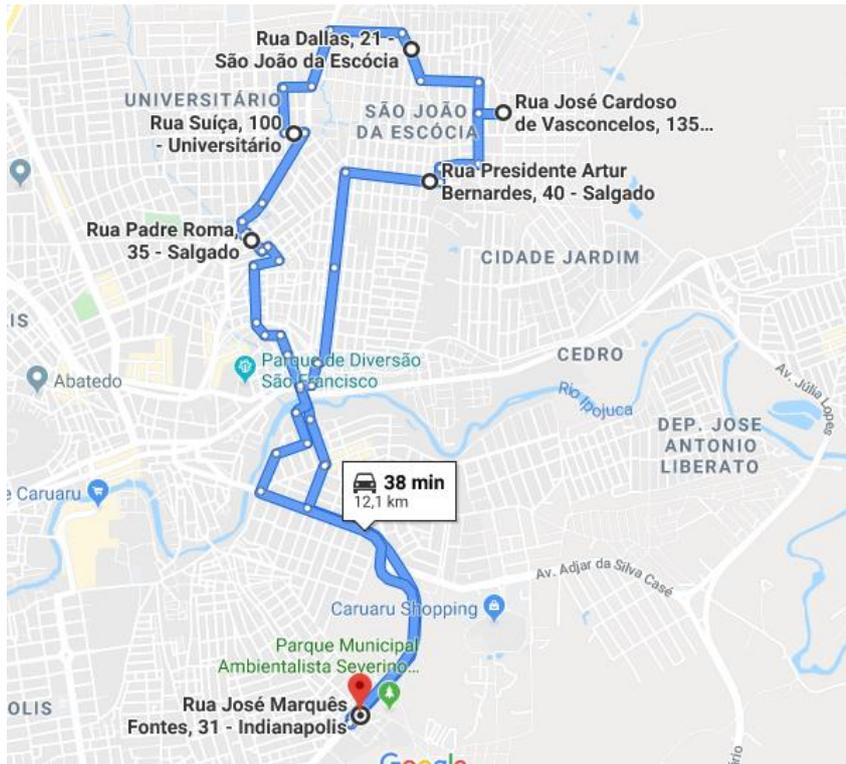


Figura 65 – Rota 55

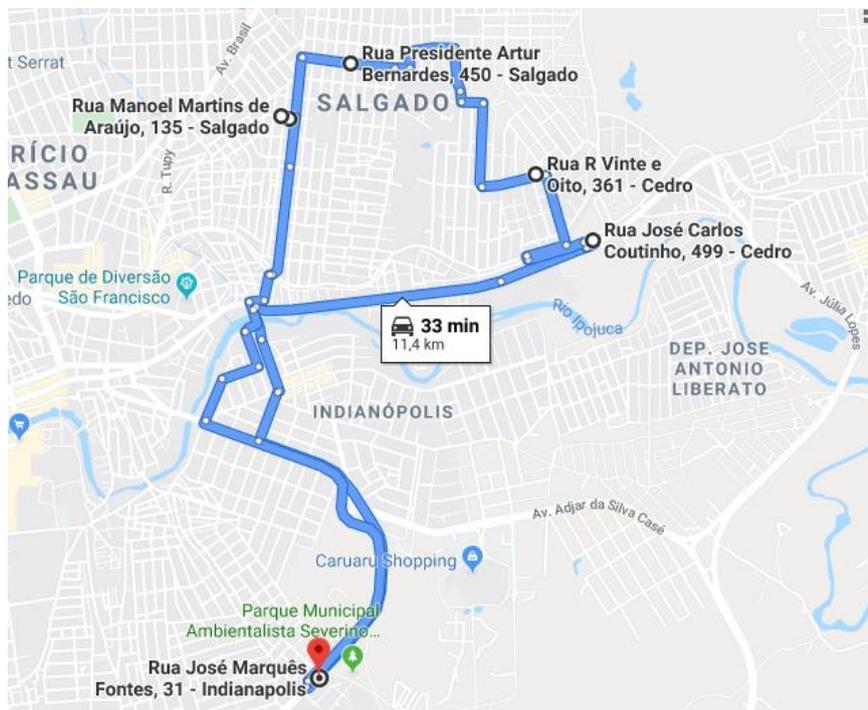


Figura 66 – Rota 56



Figura 67 – Rota 57



Figura 68 – Rota 58

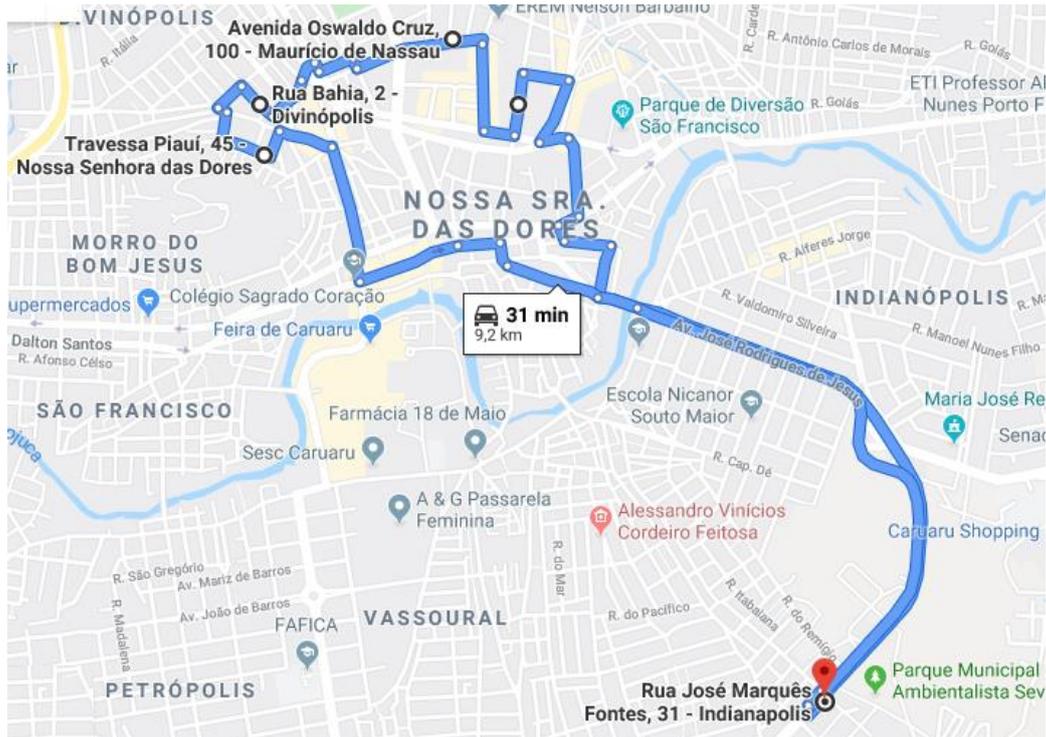


Figura 69 – Rota 59

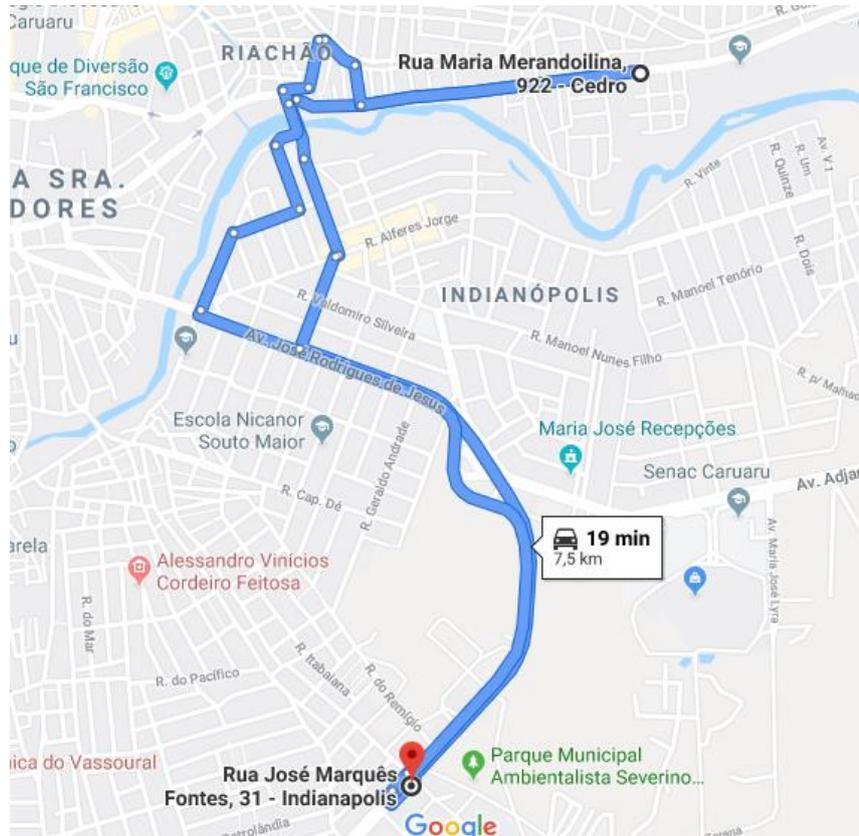


Figura 70 – Rota 60

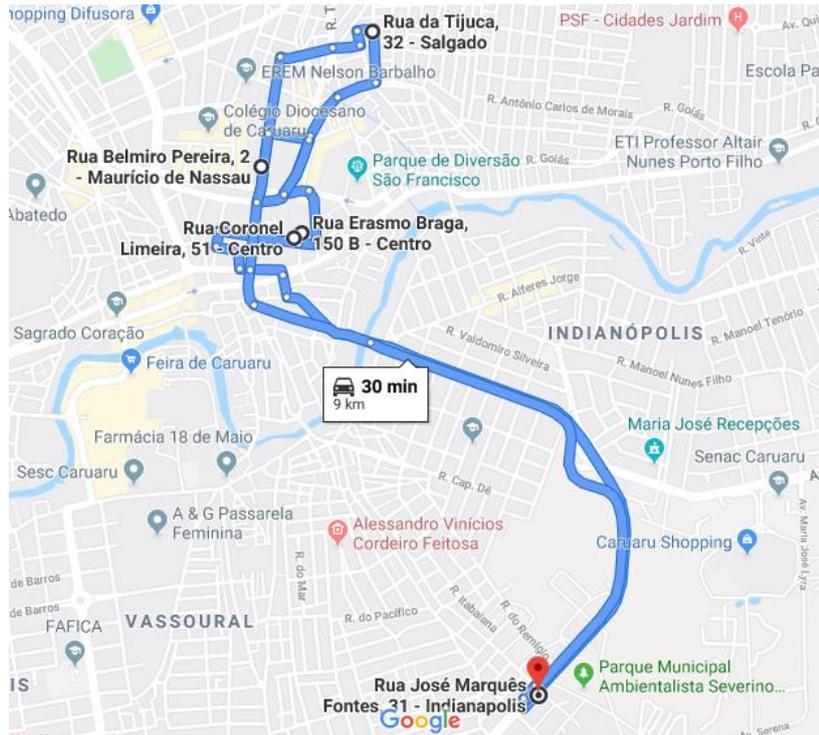


Figura 71 – Rota 61

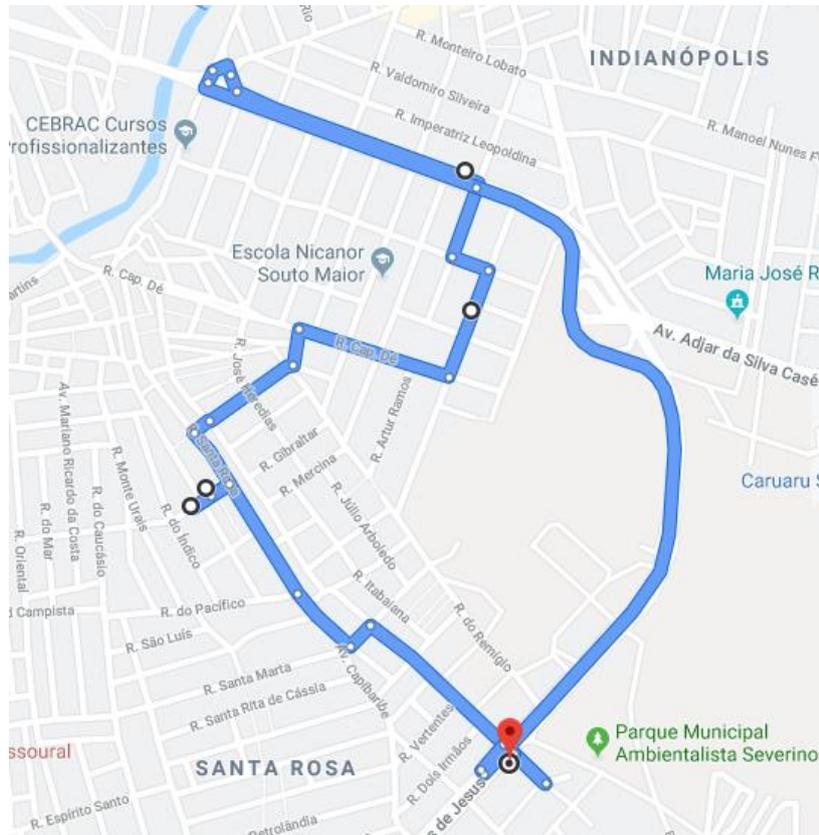


Figura 72 – Rota 62

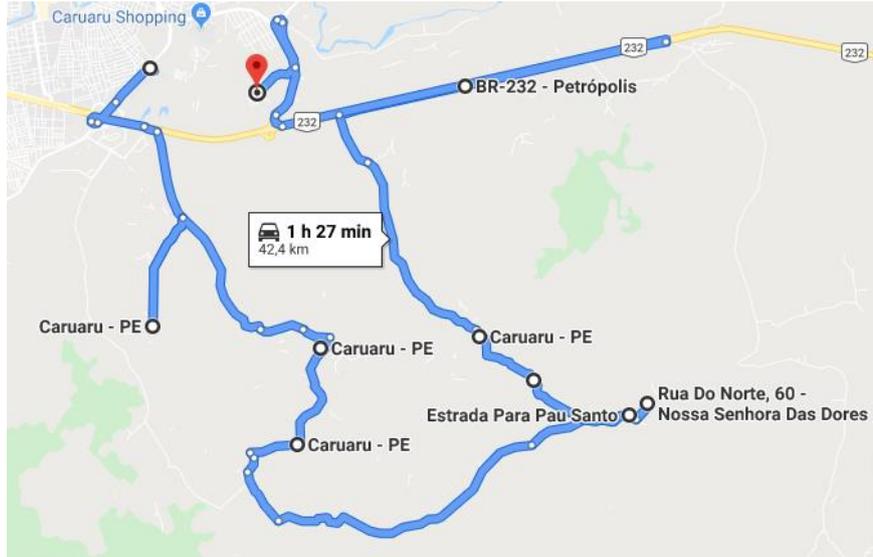


Figura 73 – Rota 63 Parte 1

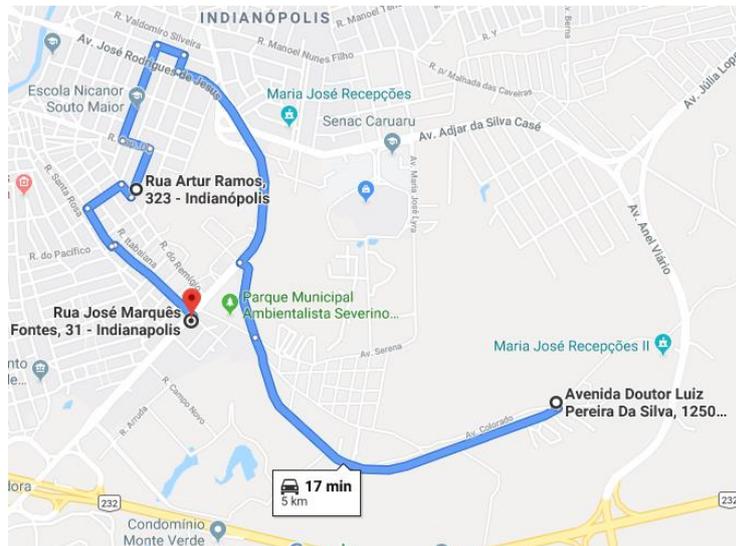


Figura 74 – Rota 63 Parte 2

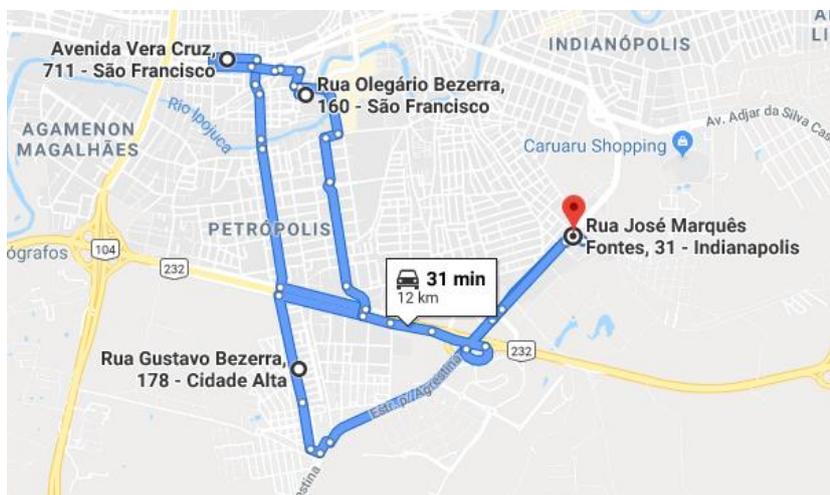


Figura 75 – Rota 64

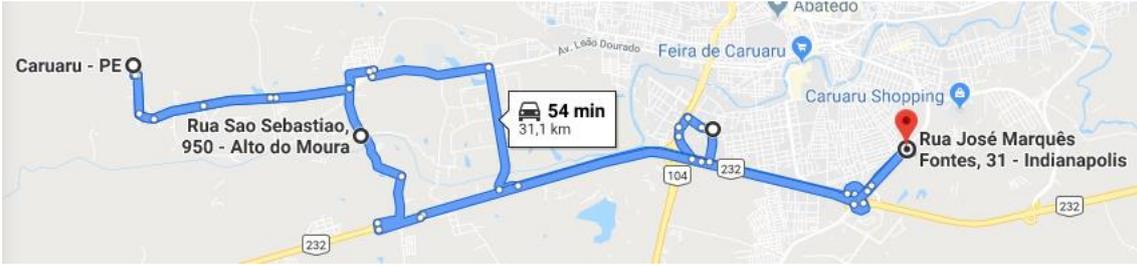


Figura 76 – Rota 65

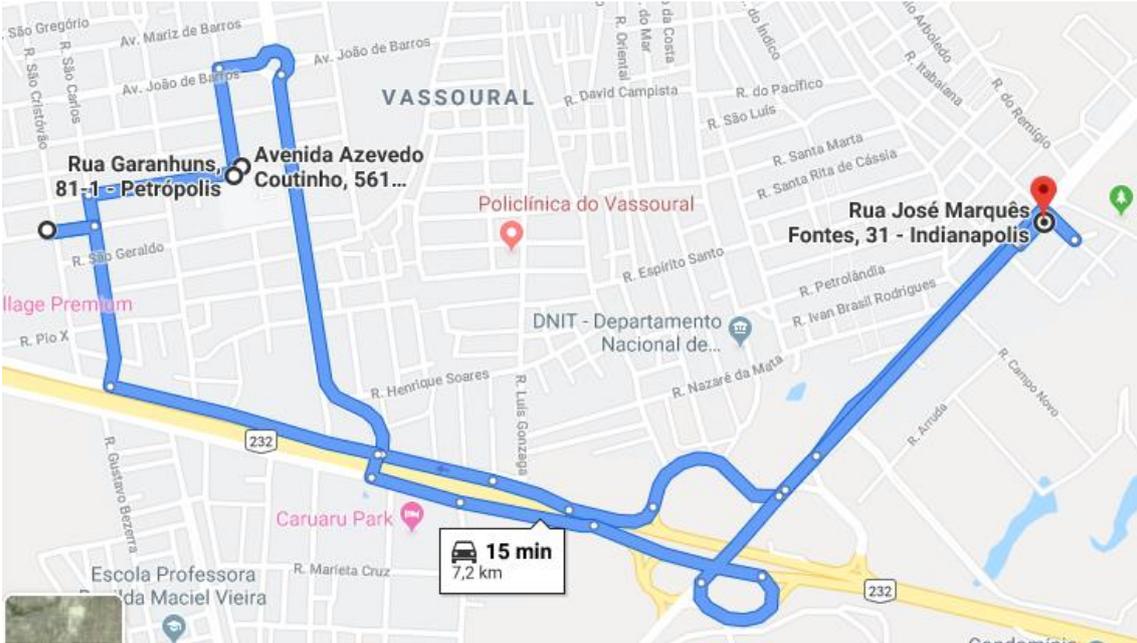


Figura 77 – Rota 66

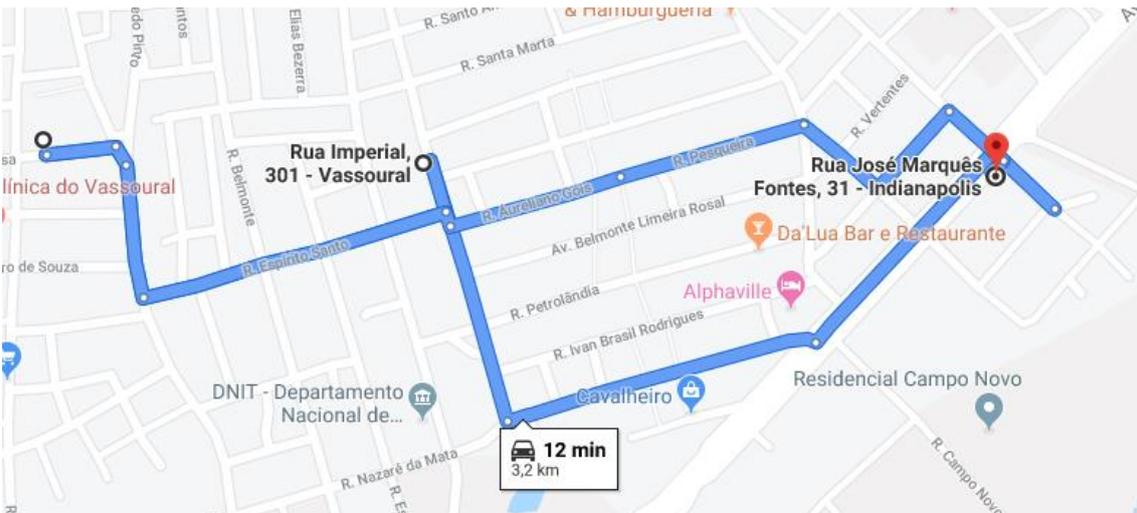


Figura 78 – Rota 67

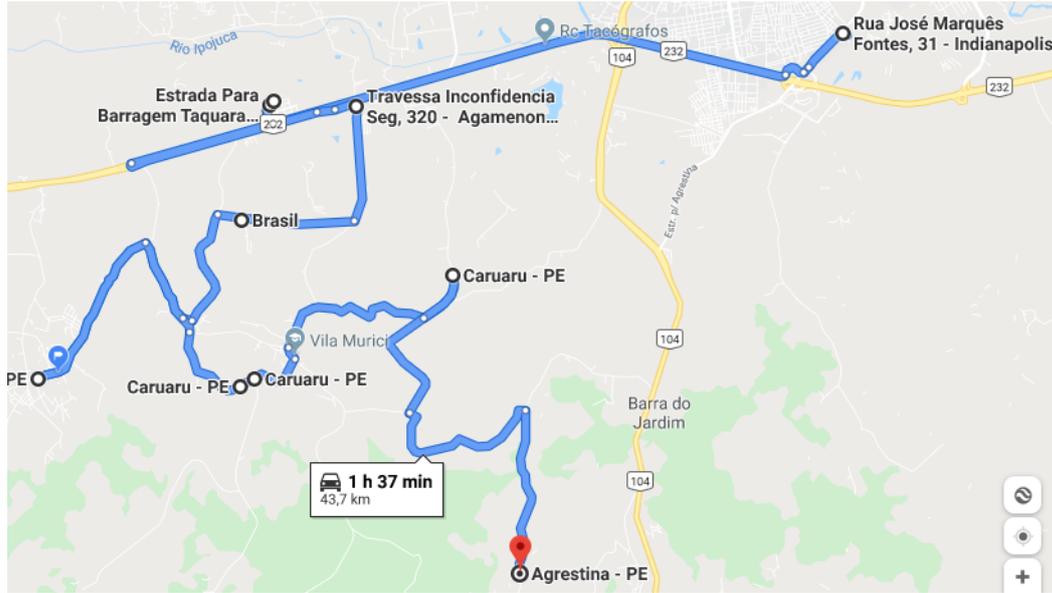


Figura 79 – Rota 68 Parte 1

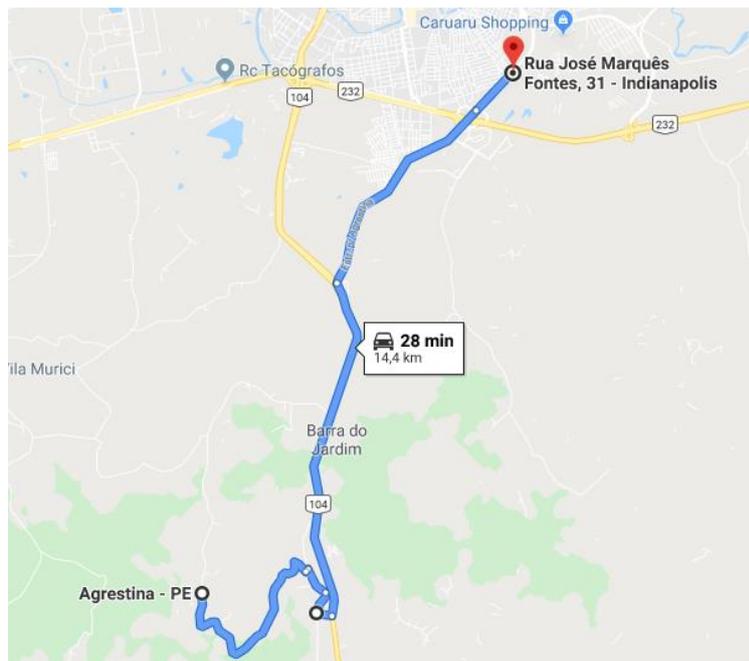


Figura 80 – Rota 68 Parte 2

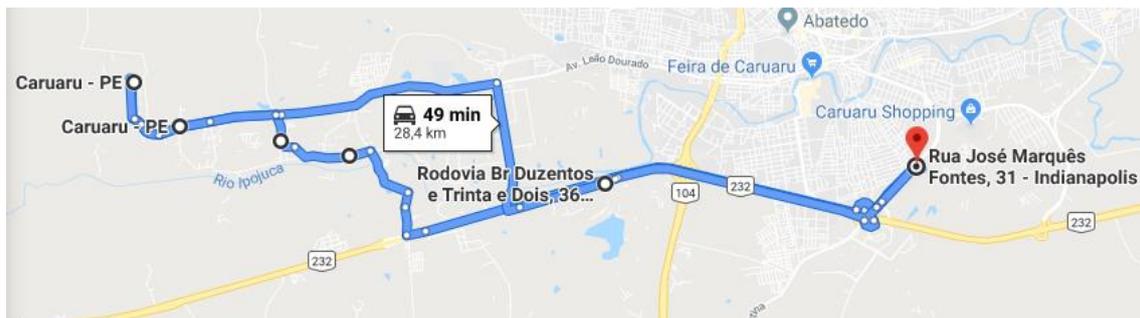


Figura 81 – Rota 69